

Holographie

Un nouveau procédé atteint la perfection

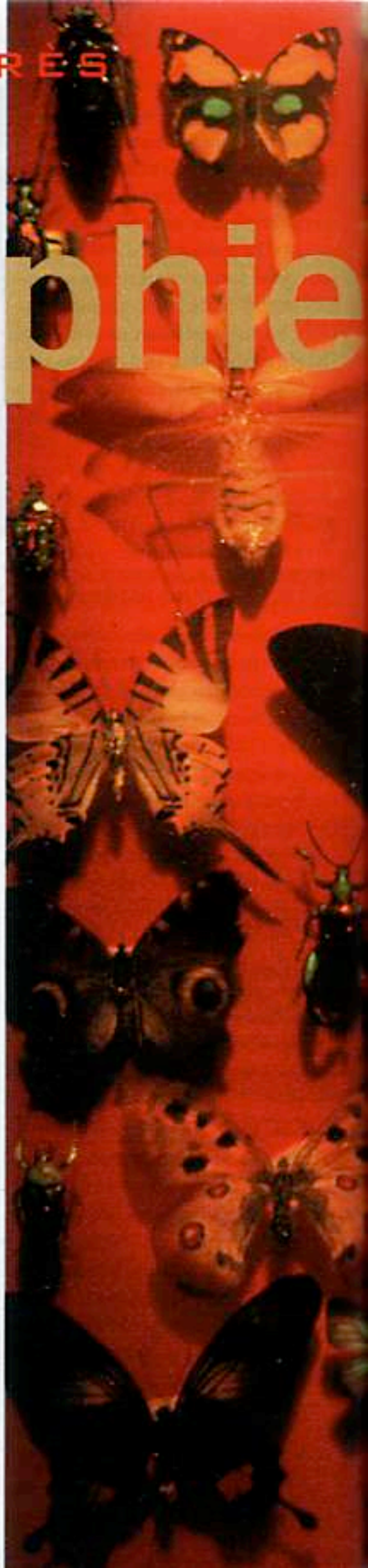
Restituer jusqu'aux moindres nuances des objets : c'est la prouesse à laquelle est parvenu un ingénieur bordelais, après sept années de travail solitaire. Une avancée "ultime" pour l'holographie.

par Matthieu Crocq

Le bâtiment n'a l'air de rien : un banal immeuble, dans un quartier morne de Bordeaux. Au bout d'un couloir sombre, une pièce sans fenêtre où, sur la moquette marron, s'entassent des plaques de verre. Des coquillages, des gâteaux secs, des poupées de collection, un prisme sont posés là, dans de petites vitrines. Sur une table, des flacons et des pipettes côtoient un catalogue de composants électroniques. Et tout un bric-à-brac d'ordinateurs et de machines-outils. Nous sommes dans l'atelier d'Yves Gentet. Depuis sept ans, cet ingénieur bordelais d'une quarantaine d'années s'active en silence sur son invention : l'Ultimate. Simple émulsion photographique en apparence, l'Ultimate rend désormais possible ce qui n'était, hier, qu'un rêve : l'imitation quasi parfaite d'un

objet – un hologramme en vraies couleurs, visible sans recourir à la lumière d'un laser. Et sur les murs de l'atelier, les résultats sont là : les coquillages, les gâteaux secs, les poupées. Mais aussi un masque de Toutankhamon, un clown peint de couleurs vives, des papillons chatoyants, épinglés dans leur boîte. Si réels qu'on les dirait vrais : lumineux, colorés... L'illusion est parfaite, jusqu'aux reflets de la lumière sur les boutons dorés du clown, qui suivent les mouvements du visiteur ; jusqu'à la texture et même les irisations des ailes des papillons... Il ne s'agit pourtant que de fines couches d'émulsion de gélatine prises en sand- →

> Teintes iridescentes, détails : jamais un hologramme n'était parvenu à restituer avec une telle perfection un objet aussi complexe que les ailes d'un papillon.





Yves Gentet tient dans ses mains son portrait holographique. Par passion, cet ingénieur de 37 ans, spécialiste des lasers, est devenu un inventeur de génie.



> CHRONOLOGIE

1891

Gabriel Lippmann, physicien à la Sorbonne, élabore la photographie interférentielle, qui lui vaudra un prix Nobel en 1908.

1947

Le physicien britannique Dennis Gabor invente la théorie de l'holographie, pour laquelle il obtiendra un prix Nobel en 1971.

1958

Le Russe Youri Denisjuk échafaude le principe d'un hologramme visible en lumière blanche.

1960

L'Américain Theodore Maiman met au point le premier laser.

1962

Les Américains Emmett Leith et Juris Upatnieks fabriquent le premier hologramme d'un objet en trois dimensions.

→ wick entre deux plaques de verre : qu'on éteigne le spot qui l'éclaire, et l'image disparaît aussitôt. Un véritable tour de passe-passe.

D'ores et déjà l'invention d'Yves Gentet est reconnue : fin 2001, l'Ultimate s'est vu décerner par la prestigieuse International Hologram Manufacturers Association (association internationale des fabricants d'hologrammes) deux awards : celui de la "nouvelle technique holographique" et celui du "meilleur projet holographique de l'année". Juste récompense d'un travail acharné. "J'ai découvert les premiers hologrammes russes lors d'une exposition à Paris, explique ce grand bonhomme aux airs d'ado bricoleur. Ça a été un flash! Je cherchais alors quelle école d'ingénieurs je pouvais faire : j'ai pris une spécialisation lasers, et j'ai tout de suite voulu monter mon propre labo." Encore étudiant, il commence à fabriquer ses hologrammes. Puis, diplômé en poche, il est embauché dans une entreprise d'avionique pour dé-

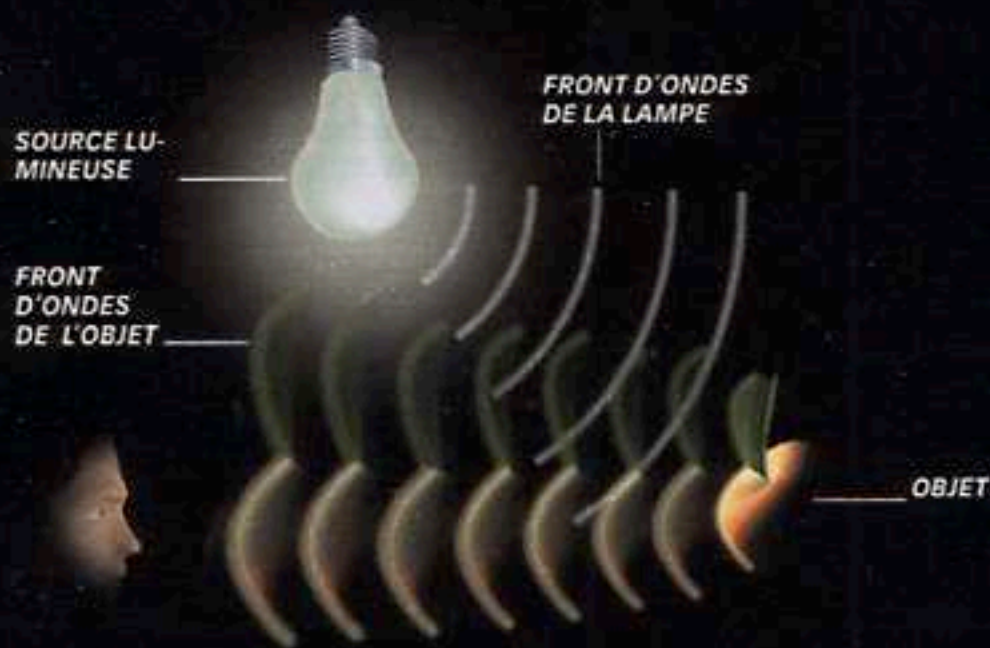
velopper un système de "viseur tête haute" holographique pour les avions de chasse. En 1995, l'ingénieur devient officiellement "artiste en holographie". Il se met à son compte et installe son propre laboratoire.

UN "HOLOMATON" NOIR ET BLANC

On pensait que le savant solitaire et touche-à-tout n'existait plus... Erreur! Yves Gentet a tout fait lui-même, ou presque. Les grands laboratoires de produits photo cessent la production de films holographiques? Il développe sa propre émulsion et cherche la meilleure méthode pour la fixer sur une plaque ou un film. Les caractéristiques des lasers financièrement abordables ne lui conviennent pas? A partir de pièces détachées et d'éléments de récupération, il construit ses propres modèles, selon un cahier des charges incroyablement strict. Au sous-sol de son "atelier de création d'art en holographie", il fabrique et installe son dispositif optomécanique de prise



E. SCHÄCHER, ILLUSTRATIONS A. MAVER



Vision directe

Un objet éclairé renvoie un ensemble complexe d'ondes lumineuses dans toutes les directions de l'espace. C'est cet ensemble, appelé "front d'ondes", qui est perçu par l'observateur.

De la vision normale à la vision holographique

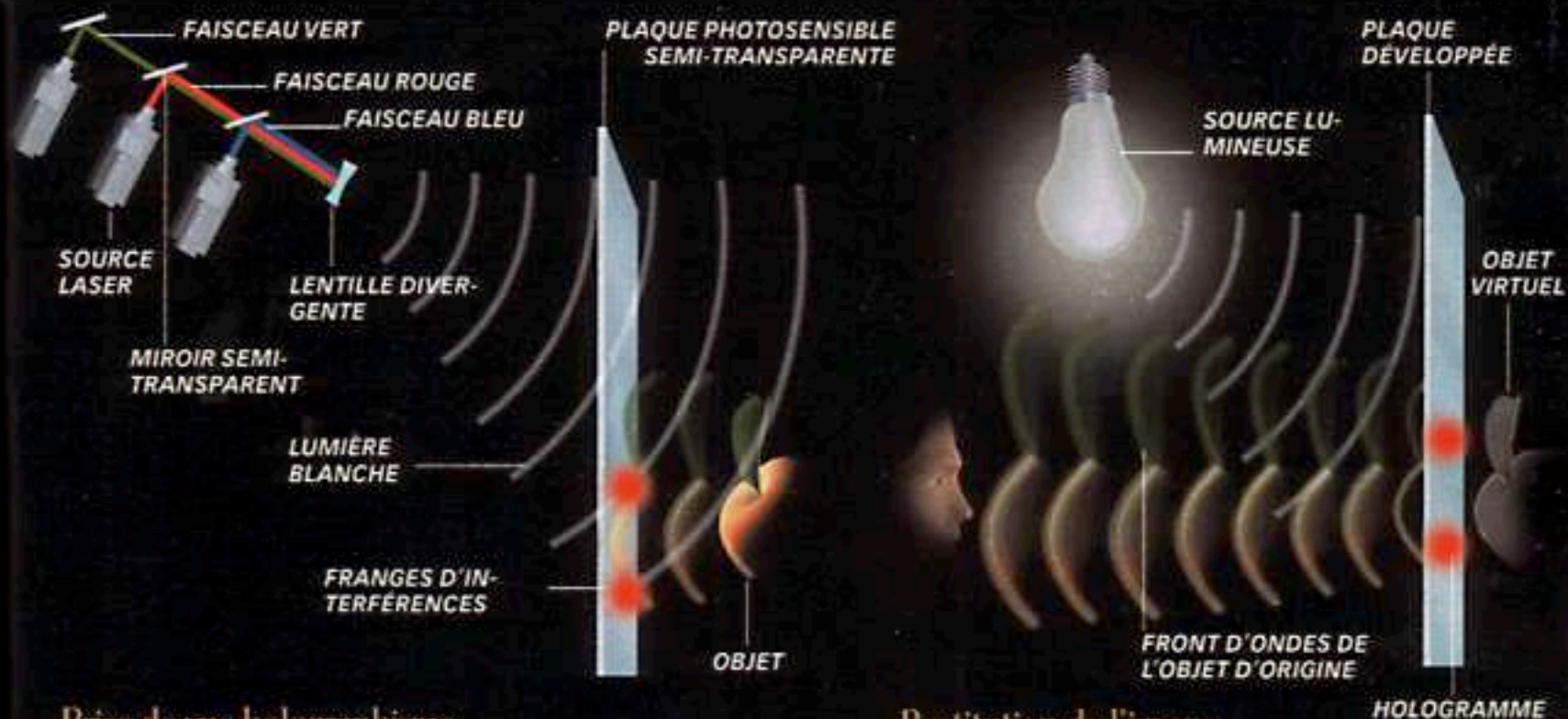
Lorsqu'on regarde un objet, chacun des deux yeux perçoit une image légèrement différente. Le cerveau les compare et recrée alors de lui-même le relief. L'holographie restitue le relief d'un objet en reproduisant simultanément tous les angles de vues possibles. Concrètement, à la surface d'une plaque de verre, un rayon laser et la lumière réfléchie par l'objet créent des "franges d'interférences", soit des lignes sombres et claires semblables aux vaguelettes que feraient des milliards de cailloux jetés dans l'eau. L'émulsion photographique de la plaque mémorise ces tracés. Une fois la plaque développée, un réseau de minuscules miroirs convexes ou concaves apparaît à sa surface, orientés selon les franges d'interférences. C'est l'hologramme. Lorsqu'on les éclaire avec une ampoule ordinaire, ces miroirs réfléchissent la lumière et la diffractent en différentes directions, recréant exactement les caractéristiques du front d'ondes émis par l'objet originel, là où il se trouvait lors de la prise de vue. Chaque œil voit alors l'une des milliards d'images mémorisées sous forme interférentielle sur la plaque.



> JARGON

Interférences : la lumière d'un laser ressemble à un train de vagues arrivant au bord d'une longue plage. Plaçons une jetée dans l'eau : les vagues s'y "réfléchissent", repartent dans l'autre sens et se superposent aux vagues venant du large – on dit qu'elles interfèrent. Il en va de même pour la lumière : si deux "sommets" de vagues lumineuses se superposent, une frange très brillante apparaît. Si un "sommets" et un "creux" se rencontrent, une frange sombre est créée. On les appelle des franges d'interférences.

< L'hologramme enregistre simultanément toutes les vues d'un objet sous tous les angles possibles. C'est ainsi qu'est restitué le relief.



Prise de vue holographique

Trois lasers forment une lumière blanche qui éclaire l'objet. Leurs rayons interfèrent avec le front d'ondes de l'objet. Ces interférences modifient chimiquement la plaque sensible.

Restitution de l'image

Après développement de la plaque, une simple lumière blanche suffit à reproduire le front d'ondes de l'objet d'origine. L'observateur voit alors l'objet derrière la plaque – un fantôme nommé objet virtuel.

→ de vue. On découvre là trois gros lasers, des pompes de refroidissement qui bourdonnent et la table de prise de vue, une sorte de lit à baldaquin avec des rideaux noirs. Les trois faisceaux de lumière cohérente (rouge, vert, bleu) serpentent de lentille en miroir, fusionnent en un long pinceau de lumière blanche. La table repose sur un système anti-vibration : rien ne doit bouger d'un nanomètre (nm, un milliardième de mètre) pendant les quelques secondes que dure la prise de vue. D'autres salles de l'atelier sont dédiées à la coupe des plaques de verre, à la fabrication et au couchage de l'émulsion, au développement des hologrammes. Une autre, enfin, accueille l'"holomaton", un mini studio destiné à tirer le portrait en relief d'êtres vivants, qu'ils soient lézards, chats ou humains... portraits malheureusement monochromes : le temps de pose doit être extrêmement bref pour éviter tout mouvement, et le "flash" laser qui rendrait possible des hologrammes en couleurs reste à inventer.



> ÉTAPES SUIVANTES

A court terme

Yves Gentet termine actuellement la mise au point de son appareil de prise de vues holographiques transportable. Son procédé Ultimate sortira alors du laboratoire. L'objectif ? Réaliser des copies de pièces de musée trop fragiles pour être exposées au public, ou bien jalousement conservées dans des collections privées.

A moyen terme

Yves Gentet compte produire ses plaques et ses films de manière semi-industrielle, à l'aide d'une machine de son cru. Ces étapes franchies, il envisage alors de mettre au point une technique de reproduction de ses épreuves. Aujourd'hui œuvres artisanales, uniques et relativement chères, les hologrammes Ultimate seront dès lors mis à la portée de toutes les bourses.

Yves Gentet aime à se comparer aux frères Lumière : "Ils débordaient d'inventivité. Eux aussi touchaient à tout, à l'optique, à la chimie, à la mécanique." Mais c'est d'abord à trois physiciens qu'il doit sa réussite. Le premier, Gabriel Lippmann, élabore en 1891 la photographie interférentielle (voir encadré). Le second, Dennis Gabor, pose en 1947 les bases de l'holographie. Youri Denisyuk, enfin, fut celui qui réalisa la synthèse des travaux des deux précédents, inventant en 1958 ces "hologrammes par réflexion" qu'Yves Gentet aura considérablement améliorés.

En effet, à l'origine, les hologrammes de Youri Denisyuk ne reproduisaient pas les couleurs de l'objet photographié. Des progrès avaient certes été faits depuis, mais la qualité des émulsions restait insuffisante. Leur faible sensibilité demandait de trop longs temps de pose ou des lasers de trop forte puissance : impossible de photographier, par exemple, des objets fragiles tels que les papillons. De plus, les couleurs de petite longueur d'onde (bleu et violet) n'étaient pas reproduites. Même si ce dernier point mérite encore des améliorations, l'Ultimate présente maintenant une richesse et une saturation des couleurs incomparables.

Le secret du procédé ? Il réside dans la taille des grains d'argent en suspension dans l'émulsion de gélatine. Comme la photo interférentielle de Gabriel Lippmann, l'holographie est basée sur la formation de franges d'interférences lumineuses à la surface de la couche photosensible (voir infographie).

L'EXACTITUDE DU DOUBLE

Pour enregistrer tous les détails de ces franges, les grains d'argent doivent être nettement plus petits que la longueur d'onde de la lumière en question (entre 800 nm pour le rouge et 400 nm pour le violet). De l'ordre du micron (un millionième de mètre) sur une pellicule photo classique, ces grains mesurent quelques nanomètres seulement dans l'Ultimate. De là le rendu des couleurs, la finesse des détails et la grande sensibilité de l'émulsion. Avec de telles caractéristiques, cette invention est promise à un bel avenir. Pour l'heure, Yves Gentet la voudrait au service d'un grand projet : dupliquer des pièces de musée trop rares ou trop fragiles pour être exposées au public. "Les musées d'histoire naturelle conservent dans leurs réserves, à l'abri de la lumière, quelques exemplaires naturalisés d'oiseaux ou d'insectes disparus, rap-

L'INVENTION GÉNIALE DE LIPPMANN

Depuis les travaux d'Edmond Becquerel, en 1848, la photographie sait reproduire les couleurs grâce à de minuscules pigments chimiques. Il existe pourtant une voie alternative, explorée il y a plus d'un siècle par Gabriel Lippmann. Ce physicien né en 1845 cherchait à reproduire les couleurs en faisant interférer entre elles les ondes lumineuses. Un tel phénomène est à l'origine des couleurs naturelles d'ailes de papillons : formées de minuscules

miroirs, elles réfléchissent et diffractent dans différentes directions la lumière reçue, engendrant des interférences qui créent autant de couleurs.

Lippmann touche au but en 1891, à l'aide d'une émulsion photosensible, semi-transparente, recouvrant un miroir. L'émulsion mémorise les interférences entre les ondes lumineuses directes et celles que réfléchit le miroir. Après développement, on obtient une photo aux couleurs fiables et, surtout, inaltérables : il

ne s'agit plus de pigments qui se décolorent au fil du temps, mais bien d'une structure physique durable. La photographie interférentielle était née, véritable ancêtre de l'holographie. Certes, l'invention de Lippmann n'allait pas sans défauts : sa complexité de mise en œuvre, la trop faible sensibilité de l'émulsion et, partant, les temps de pose bien trop longs allaient rapidement conduire à son abandon. Mais elle vaudrait à son inventeur le prix Nobel de physique.

pelle l'artiste en holographie. Or, si on peut refabriquer une statue, on ne peut pas reproduire l'iridescence des ailes d'un papillon ou d'un oiseau. Et le public n'aime pas voir des cadavres tombant en poussière. L'Ultimate n'est pas une copie : c'est un double. Grâce aux hologrammes, le musée remplit ses deux fonctions : la conservation et l'exposition. Avec une version transportable de son système de prise de vue, il compte réaliser bientôt ses hologrammes *in situ*, répliquer des tableaux jus-

pendant et les "tracasseries" administratives et comptables. Se fait assister par deux ou trois de ses proches et quelques avocats. Finance l'intégralité de ses travaux par la réalisation et la vente d'hologrammes pour des particuliers. "Je reçois beaucoup de commandes, même de la part de gens qui ont seulement vu les photos sur mon site web (1). Tout cela prend énormément de temps, et je travaille vraiment beaucoup, tous les jours, sauf le dimanche. Disons que je ne me ménage pas..."

Exposer les pièces les plus fragiles d'un musée sous la forme d'hologrammes

qu'au détail de l'épaisseur du coup de pinceau – des peintures rupestres, pourquoi pas? "Il suffit de mettre la plaque devant, il n'y a pas de contact, rassure-t-il. Juste un éclairage laser de quelques milliwatts pendant quelques secondes." Les hologrammes n'utilisant aucun pigment coloré, ils sont d'une grande stabilité dans le temps, à l'instar des photos interférentielles de Gabriel Lippmann qui demeurent, un siècle après, dans leur état d'origine.

En attendant que son projet muséographique prenne corps, Yves Gentet se débat avec son statut d'artiste indé-

L'ingénieur n'a déposé aucun brevet, estimant qu'il ne saurait pas le défendre face à la puissance de grands groupes industriels. "Tout est écrit là, fait-il en se frappant le crâne. Mais, de toute façon, il faut beaucoup de savoir-faire. Si vous achetez un livre de cuisine, vous avez la recette. Mais vous n'obtiendrez pas la même chose qu'un grand chef." Yves Gentet n'est pas peu fier de lui. Et il n'a pas tort. "Je vous laisse admirer encore une fois mes œuvres", se régale-t-il, avant d'éteindre les lumières et de retourner à ses machines. ■

(1) <http://perso.wanadoo.fr/holographie>

> ELLE EN PENSE

Jacqueline Belloni-Cofler

DIRECTRICE DE RECHERCHE AU CNRS, LABORATOIRE DE CHIMIE PHYSIQUE DE L'UNIVERSITÉ PARIS-11, SPÉCIALISTE DES ÉMULSIONS PHOTOGRAPHIQUES



"Un résultat qui ne peut pas être le fruit du pur hasard"

Yves Gentet a porté l'holographie à un degré de perfection inégalé... Personne aujourd'hui ne sait faire comme lui ! J'ai emporté deux de ses hologrammes au Japon. Ils ont été montrés à des experts, et je peux témoigner de leur admiration. Les "papillons" sont particulièrement démonstratifs parce que les couleurs de leurs ailes sont elles-mêmes d'origine interférentielle dans la nature. Et jamais des colorants n'arriveront à restituer ces couleurs chatoyantes, iridescentes, qui, selon l'angle de vue, passent du doré au verdâtre, extraordinaires, uniques ! La grande force de Gentet, c'est d'avoir marié des compétences laser avec une passion pour l'holographie qui l'a poussé à devenir aussi un excellent chimiste des émulsions. On a là un exemple de résultat de recherche qui est le pur produit de l'intelligence humaine : ça ne peut pas être le fruit du hasard. Yves Gentet est vraiment un scientifique qui affronte les problèmes, déjoue leur complexité et construit son succès.