

## APPLICATIONS

# de l'holographie traditionnelle à l'automobile

Christian BOVET,  
HoloConcept,  
[christian.bovet@holoconcept.com](mailto:christian.bovet@holoconcept.com)

L'enregistrement holographique de fonctions optiques ouvre de nombreuses possibilités dans la réalisation de systèmes de visualisation pour l'automobile et plus généralement dans le domaine des transports. La réalité augmentée qui consiste à présenter des informations dans le champ visuel est un besoin grandissant. Les sources d'images numériques à bandes spectrales étroites (telles que les projecteurs laser) associées aux composants optiques holographiques offrent des opportunités nouvelles.

### L'holographie traditionnelle

C'est la technologie qui consiste à enregistrer dans un matériau photosensible des fonctions de phase complexes par interférence de deux ou plusieurs faisceaux cohérents. Il est ainsi possible d'enregistrer tous types de fonction optique : réflexion, diffusion, réfraction.

Les matériaux photosensibles utilisables sont de trois types : les résines argentiques, la gélatine bichromatée et les photopolymères. Cette dernière catégorie s'impose dans les applications optiques pour l'industrie pour lesquelles une parfaite transparence est nécessaire et une mise en œuvre simple et industrielle est requise. Les photopolymères constituent en effet le meilleur compromis en présentant une absence totale de diffusion intrinsèque et en ne nécessitant que des traitements physiques (température, lumière) sans aucune intervention chimique.

Les techniques d'enregistrement sont nombreuses et bien décrites dans la littérature. Il faut noter que certaines fonctions optiques sont réalisables par

des méthodes simples et reproductibles donc facilement industrialisables. Les photopolymères et les nouvelles sources laser ont grandement facilité le travail de l'holographiste.

### L'intérêt des composants optiques holographiques

Les atouts de ces composants sont nombreux mais nous retiendrons que, dans le cas des applications de réalité augmentée ou de présentation

d'images, la capacité de ces composants à fournir une fonction optique dans un domaine spectral étroit tout en restant transparents dans le reste du spectre, qui constitue un avantage clef.

Il y a lieu à ce stade de rappeler qu'il faut distinguer deux types de composants : les hologrammes par transmission et ceux par réflexion. Les hologrammes par transmission sont obtenus par l'interférence de deux faisceaux provenant du même côté de l'hologramme alors que ceux par réflexion sont enregistrés avec des



Système d'affichage tête haute (ou HUD, head-up display en anglais). © MicroVision, Inc.

# HASQ4 NiR

The ideal tool for aligning and characterizing optical components or optical systems in the near infrared

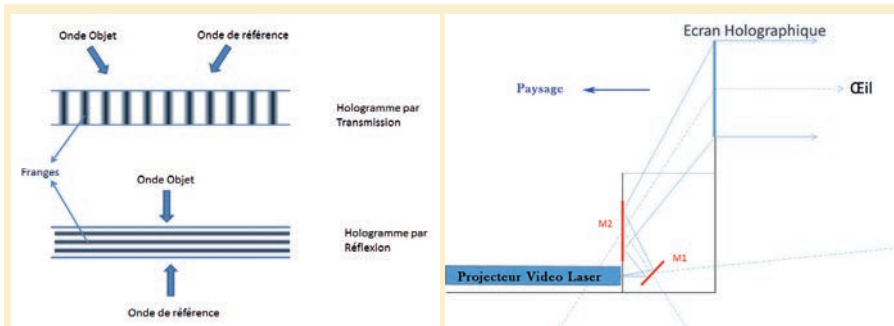


Figure 1. Hologramme par transmission et par réflexion.

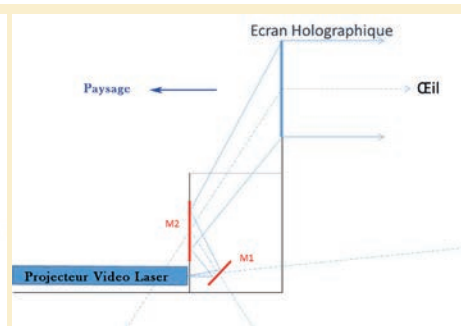


Figure 2. Écran holographique par transmission.

faisceaux contra-propagatifs (figure 1). Les franges obtenues sont donc de nature très différente et pour faire simple les hologrammes par transmission vont se comporter plutôt comme des réseaux de diffraction alors que les hologrammes par réflexion vont se comporter comme des réseaux de Bragg.

Ces hologrammes par réflexion sont pour cette raison des composants de choix pour la réalité augmentée : la sélectivité liée au comportement de type réseau de Bragg permet de réaliser une fonction dans un domaine très étroit de longueur d'onde sans affecter les autres longueurs d'onde donc en gardant une bonne transparence dans le reste du spectre visible.

Plusieurs hologrammes par réflexion agissant chacun dans un domaine spectral défini peuvent être superposés et fournir ensemble une image trichrome.

À l'opposé les hologrammes par transmission vont présenter en lumière blanche ou polychrome un fonctionnement très chromatique qui est, sauf cas particuliers, difficilement utilisable dans les systèmes visuels modernes.

## Les applications dans le domaine des transports

L'association de composants optiques holographiques avec des sources d'images numériques (projecteur ou écran) permet de réaliser des fonctions de visualisation dynamiques et personnalisables à l'infini au même titre que les composants optiques traditionnels en amenant des avantages uniques que sont la transparence, la légèreté,

la faible encombrement et des conceptions optiques inédites liées à leur fonctionnement en dehors de l'axe.

## Les écrans holographiques

Les applications visées ici sont le remplacement des écrans de console centrale voire des indicateurs du tableau de bord en général. La fonction est donc obtenue par projection à partir de projecteur vidéo. L'avantage recherché est la transparence.

Il est possible de réaliser des écrans par transmission (le projecteur est derrière l'écran) qui restent suffisamment transparents mais les champs d'observation souhaités par les cahiers des charges rendent l'achromatisation compliquée voire impossible. En outre ces écrans holographiques par transmission sont très sensibles aux sources ponctuelles parasites diffractées par transmission (phares, lampadaires). Un exemple de réalisation est donné à la figure 2 ; on notera l'intérêt des projecteurs laser qui autorisent, sans ajouter de complexité dans la conception optique, des projections inclinées par rapport à l'écran.

Les écrans holographiques par réflexion nécessitent de placer le projecteur à l'intérieur de la cabine mais sont de loin la seule technologie capable d'offrir une réelle transparence optique et le moins d'artéfacts par transmission. C'est donc une solution de choix pour la projection sur vitrage. La figure 3 montre deux configurations possibles de projection sur un pare-brise en fonction de la position du projecteur.



IDEAL WAVEFRONT  
SENSOR FOR 1500 - 1600 nm

ADVANCED  
METROLOGY WAVEFRONT SENSOR

COMPACT  
AND VERSATILE

EASY  
TO USE

Contact us for more details:  
contact@imagine-optic.com  
or +33 1 64 86 15 60

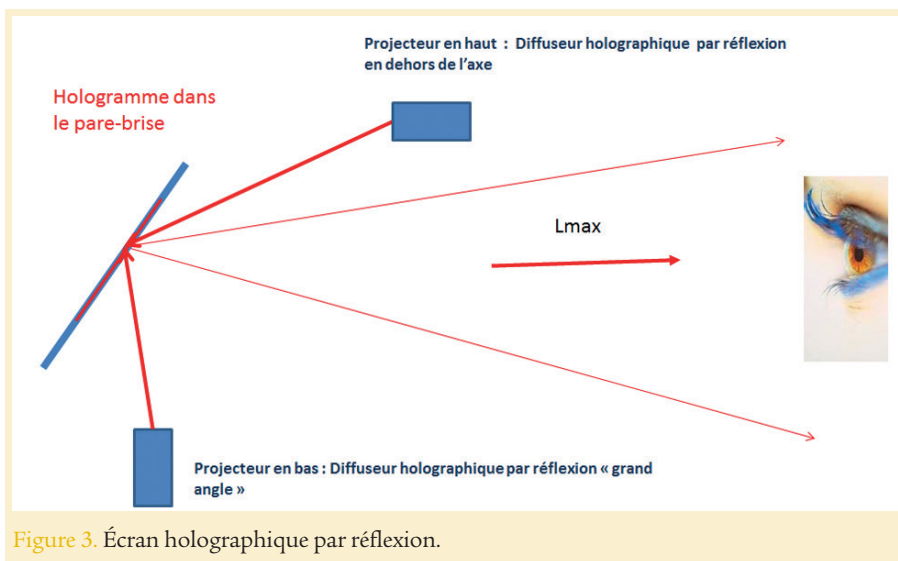


Figure 3. Écran holographique par réflexion.

L'excellente transparence des diffuseurs holographiques par réflexion offre une autre opportunité : la possibilité de projeter en plein jour, ce que nous appelons les écrans noirs. Ces écrans sont constitués de diffuseurs holographiques par réflexion, chacun calé sur une des longueurs d'onde du projecteur vidéo. Ces hologrammes sont collés sur un fond très absorbant dans le visible. L'assemblage ainsi obtenu permet de rétrodiffuser la lumière issue du projecteur et d'absorber la lumière ambiante dans le reste du spectre. Le gain en contraste et en saturation dans l'image projetée est spectaculaire rendant possible l'utilisation de ce type d'écran dans n'importe quel type de cabines de transport avec un confort sensiblement supérieur aux écrans actuellement utilisés. Mais l'avantage déterminant réside dans

la nature polymérique de ces écrans qui sont donc facilement intégrables dans un tableau de bord, voire peuvent constituer la surface du tableau de bord elle-même sur laquelle viendrait se projeter à la demande du conducteur les informations qu'il souhaite.

La technologie de base de ces écrans holographiques est le diffuseur holographique. Sa réalisation est par nature industrielle, basée sur des méthodes de type Lippmann ou Denisyuk dans de nombreux cas. L'état de l'art en matière de performances est assez bien décrit par le compromis entre la diffusion résiduelle en dehors de la longueur d'onde de fonctionnement et le rendement de diffraction à cette longueur d'onde. Nous pensons qu'un rendement de diffraction de 60/70 % sans générer de diffusion visible dans le reste du spectre est aujourd'hui un

excellent compromis à l'image de la courbe de la figure 4.

Cette courbe montre aussi que l'utilisation de projecteur vidéo de type laser, c'est-à-dire à bande spectrale étroite, permet d'utiliser au mieux ce type de composant alors que les projecteurs à LEDs conduisent à des pertes importantes compte tenu de la largeur des spectres d'émission des LEDs dont seule une faible partie (environ 15 nm) est rétrodiffusée. Le résultat, tant sur vitre que sur écran noir, reste néanmoins spectaculaire avec tous les types de projecteur.

### Les composants holographiques d'imagerie

Le but est de réaliser des systèmes de réalité augmentée dans lesquels l'image superposée au paysage ou à la route est vue à grande distance. Il est possible d'enregistrer tous les types de composants optiques par des méthodes holographiques. Les avantages souvent cités de ce type de composant sont leurs faibles poids et encombrement ainsi que leur capacité à fonctionner en dehors de l'axe.

Dans la plupart des applications de réalité augmentée la vision trichrome est requise, une seule option est alors réaliste pour pouvoir mettre en œuvre des composants optiques holographiques tels que des collimateurs ou autres composants à puissance optique : l'association de composants holographiques fonctionnant seulement par réflexion et de sources d'images numériques à bandes d'émission étroites de type projecteur laser. En effet cette association permet d'utiliser au mieux les composants holographiques, de les superposer pour réaliser la fonction dans chaque longueur d'onde et d'éviter les pièges du chromatisme lié au fonctionnement en dehors de l'axe.

C'est pour ces raisons que ces composants sont encore très peu utilisés dans les systèmes d'affichage tête haute (ou HUD, *head-up display* en anglais) faute de sources d'images adaptées aux composants holographiques.

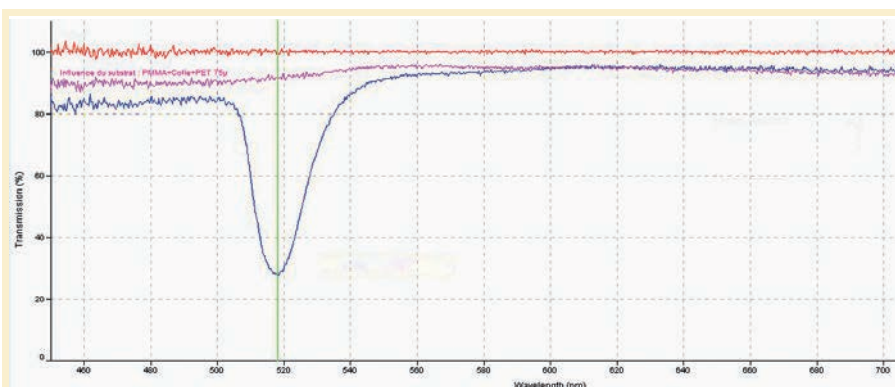


Figure 4. Courbe de transmission d'un diffuseur holographique par réflexion (en bleu). La courbe violette est la courbe de transmission du substrat seul (sans l'hologramme).



Figure 5. Écran à pupille  
15 000 cd/m<sup>2</sup> avec  
projecteur laser Microvision  
(- 15 lumens).

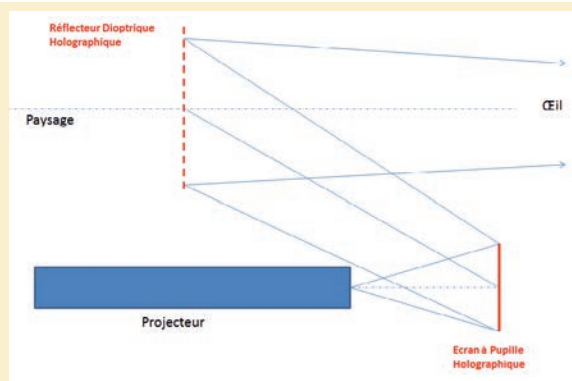


Figure 6. Schéma de base optique réalité augmentée.

de visualisation dans les transports qu'il est impossible de réaliser par d'autres voies. Il faut néanmoins réunir un certain nombre de conditions : se limiter la plupart du temps à des composants fonctionnant par réflexion et utiliser des sources d'image numérique à bande d'émission spectrale étroite.

L'absence de sources d'image de type laser de bonne qualité pénalise actuellement le développement de solutions holographiques qui, de ce fait, souffrent également d'un manque de moyens industriels. Néanmoins le caractère unique et inégalable des solutions holographiques notamment dans la projection sur vitrage sont de nature à surmonter ces derniers obstacles.

## Les écrans fonctionnels

Il existe une autre possibilité unique fournie par l'holographie, ce sont les écrans fonctionnels. Chaque diffuseur holographique fournit pour une longueur d'onde donnée non seulement la fonction de rétrodiffusion mais aussi une fonction optique de type puissance optique enregistrée en même temps que le diffuseur. Le résultat est donc un écran (transparent ou noir) capable de rétrodiffuser la lumière là où vous le souhaitez et notamment en dehors de l'axe de projection ou de la perpendiculaire à l'écran.

Nous appelons ces écrans des « écrans à pupille », ils permettent de concevoir des systèmes d'imagerie sur mesure à

partir d'écrans rendus extrêmement lumineux par leur fonctionnement qui assure la conjugaison pupillaire, ce que ne font pas les écrans émissifs traditionnels qui en outre présentent le gros inconvénient de ne pas être adaptables en forme et souvent en dimensions.

L'association de ce type d'écran avec un projecteur laser constitue une source d'image adaptée à une conception optique utilisant des composants holographiques tel que schématisé à la figure 6.

## Conclusions

L'holographie traditionnelle permet de réaliser des composants et des systèmes de vision innovants pour les applications

### POUR EN SAVOIR PLUS

- [1] *Holography – A Practical Approach*, G.K. Ackermann, J. Eichler (Wiley)
- [2] *Optical Holography – Principles, Techniques and Applications*, Second Edition, P.Hariharan (Cambridge University Press)
- [3] *Handbook of Optical Holography*, H.J Caulfield (Academic Press)
- [4] *Optical Holography*, R.J. Collier, C.B. Burckhardt, L.H. Lin (Academic Press)
- [5] *Holographic Imaging*, S.A. Benton, V.M. Bove Jr (Wiley)

### PUBLI-RÉDACTIONNEL

## ELS Embedded Lighting System Un Mastère Spécialisé® qui réunit toutes les compétences pour une formation de pointe

Le domaine de l'éclairage embarqué est en profonde mutation avec l'arrivée de nouvelles technologies lumineuses comme les LED, LED laser ou OLED, et le développement de nouveaux systèmes complexes d'éclairage intelligents tel l'ADB, Matrix Beam, Pixel lighting... Pour répondre au fort besoin en ressources du secteur, en France comme à l'international, quatre acteurs industriels majeurs PSA, Renault, Automotive Lighting et Valeo ont créé avec l'Institut Optique Graduate School, l'ESTACA et Strate Ecole de design la chaire ELS, avec le soutien de Osram, Bertrandt et Mentor graphics. La chaire développe en France un cycle de formation internationale de haut niveau en anglais préparant aux métiers des systèmes d'éclairage embarqués. Le cycle complet comprend un premier semestre

académique entre septembre et décembre, puis une thèse en entreprise. Le diplôme ou chacun de ses modules sont également accessibles en formation continue:

- Fundamentals of optics
- Photometry
- Systems Engineering
- Mechatronic modelling
- Creative design
- Light sources
- Advanced Photometry
- Environment constraints
- Advanced Mechatronics
- Information systems
- Surface simulations
- Appearance rendering

### CONTACT

jean-paul.ravier@institutoptique.fr  
www.embedded-lighting.com

