

Holographie



EN BREF

MATERIEL FRAGILE
à manipuler
avec précaution

L'holographie est une technique de restitution d'images en 3D. Les hologrammes sont certes des objets décoratifs spectaculaires mais ils se retrouvent également dans les cockpits d'avions, dans l'industrie, sur les billets de banque ou les cartes de crédit. Le grand public connaît peu leur origine et la manière dont ils sont obtenus. Cette valise permet d'expliquer et d'illustrer la façon dont les hologrammes en transmission et en réflexion sont réalisés et restitués. Elle présente ainsi une illustration d'une des applications les plus fascinantes de l'optique liée au phénomène d'interférences.

L'HOLOGRAPHIE EN 3 MOTS

L'holographie (holos = entier, graphein = écrire) est une technique d'enregistrement et de reproduction complète des images. Le document obtenu par ce procédé est appelé hologramme.

En 1948, Dennis Gabor, un ingénieur anglais, énonça pour la première fois le principe de l'holographie qui consiste alors en une reconstruction de fronts d'ondes dont l'un est diffracté par un objet tandis que l'autre provient directement de la source cohérente. Cette reconstruction permet d'obtenir sur une plaque photographique, une image 3D. Pour cette découverte, Gabor obtiendra le prix Nobel de physique en 1971. Il faudra cependant attendre la découverte du laser, et la création d'une source cohérente utilisable expérimentalement, pour que les premiers hologrammes puissent être réalisés en 1965 par Emmett Leith et Juris Upatniecks.

Aujourd'hui il est possible de reproduire numériquement des hologrammes à l'aide de caméras numériques. L'hologramme est alors recréé en simulant une illumination à l'aide d'une « onde numérique » de référence.

L'holographie est utilisée de manière artistique mais aussi dans de nombreux domaines tels que la protection. En effet, inscrits sur un billet, un passeport ou une carte bancaire, ils permettent de vérifier l'authenticité de ceux-ci.

La mémoire holographique apparaît comme un nouveau moyen de stocker des informations. Grâce à cette méthode, les données sont stockées dans le volume du support.

Dans l'industrie, les hologrammes sont utilisés afin de contrôler les défauts des pièces en remplaçant l'optique classique par une optique holographique.

PROGRAMME SCOLAIRE

Lycée : T^{ales} S : La lumière, modèle ondulatoire.

CHERCHEURS ET LABORATOIRES ASSOCIES

Thierry CHARTIER (Laboratoire FOTON / ENSSAT)
Maud GICQUEL (Laboratoire FOTON / INSA de Rennes)

MATERIEL

HOLOGRAPHIE

MATÉRIEL À PRÉVOIR

Table d'environ 1m de longueur

Prises électriques

MATÉRIEL PRÉSENT DANS LA VALISE



Un tapis magnétique



Un laser rouge



Une lame séparatrice 50/50



Deux miroirs haute réflectivité



Deux objectifs de microscope



Deux porte-plaques



L'objet holographié



Un plateau



9 plaques d'enregistrement holographique



Un cadre numérique



Une multiprise



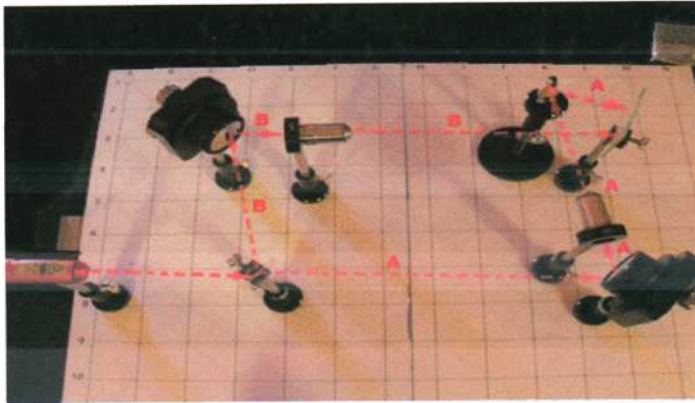
Les lasers utilisés sont de classe 1 ou 2. Cependant, en aucun cas les faisceaux ne doivent être pointés en direction d'un œil sous peine de dommages. Les lasers ne doivent pas être laissés sans surveillance.

MANIPULATION N° 1 : REALISATION D'UN HOLOGRAMME PAR TRANSMISSION

OBJECTIFS

Expliquer la réalisation d'un hologramme par transmission.

MONTAGE ENREGISTREMENT



Voir schéma p.11

1. Placer le laser en position A8.
2. Installer le matériel optique pour réaliser le faisceau de référence, avec :
 - > la lame séparatrice 50/50 en position E8 (angle de 135°),
 - > le Miroir 1 en position D 4/5 (angle de 315°),
 - > l'objectif du microscope 1 en position E/F 5,
 - > la plaque holographique « T » en position K 4/5 (angle de 120°),Brancher le laser et à l'aide de la « cible » ajuster le réglage (hauteur, position et angles) des éléments afin que le faisceau de référence éclaire la plaque holographique.
3. Installer le matériel optique pour réaliser le faisceau réfléchi, avec :
 - > le Miroir 2 en position K8 (angle de 135°),
 - > l'objectif du microscope 2 en position J/K 7,
 - > le porte objet et l'objet dessus en position J4,Brancher le laser et à l'aide de la « cible » ajuster le réglage (hauteur, position et angles) des éléments afin que le faisceau se réfléchisse sur l'objet et éclaire la plaque holographique.
4. Les deux trajets effectués par la lumière ont la même longueur.

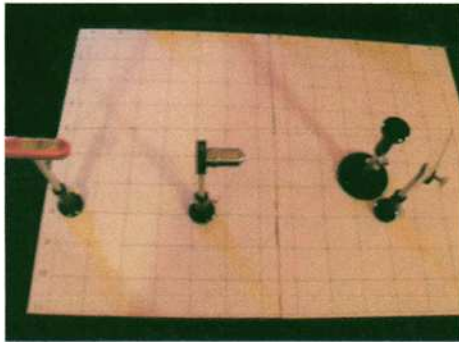
ENREGISTREMENT

1. La plaque holographique vierge se dispose sur le montage dans le noir. La plaque est ensuite éclairée par le laser pendant un temps de pose prédéterminé (quelques secondes par exemple). Pendant ce temps d'exposition, on doit éviter tout déplacement, même infime, de l'objet à holographier. Lorsqu'un objet a bougé, il n'est pas flou mais noir (voir hologramme) !

2. Les deux trajets qui seront effectués par la lumière ont même longueur. C'est grâce à cela que les deux faisceaux observés (référence et réfléchi) interfèrent. Il y a apparition de franges sombres et brillantes perpendiculaires à la plaque holographique.
3. Différentes étapes seront nécessaires pour réaliser l'hologramme (voir vidéo).



RESTITUTION (OU LECTURE)



1



2



Voir schéma p.11

1. **Conserver le laser en position A8 et positionnez :**
 - > l'objectif du microscope 1 en position E8,
 - > la plaque holographique « T » (enregistrée) en position K8 (angle de 120°),
2. **L'observateur se positionnera derrière l'hologramme éclairé (photo 2).**
3. **On observe l'objet holographié.**

4. Couper le faisceau laser.

>> *On n'observe plus l'hologramme. L'hologramme en transmission ne peut donc pas être observé en l'absence de lumière laser.*

5. Enlever la plaque holographique et observer la sous la lumière blanche.



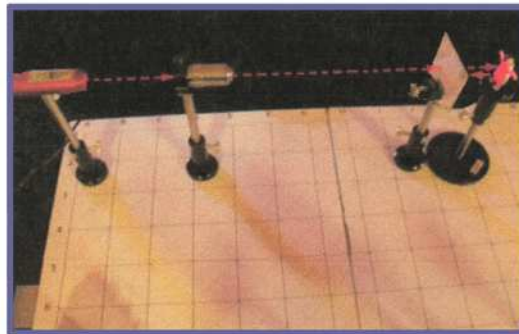
>> *On remarque alors, qu'en l'absence de faisceau laser, on ne voit rien au travers de la plaque, il n'y a plus d'hologramme. La lumière blanche ne permet pas de voir l'hologramme. Il est donc nécessaire d'utiliser un faisceau laser identique à celui utilisé pour la réalisation afin de restituer l'hologramme.*

MANIPULATION N° 2 : REALISATION D'UN HOLOGRAMME PAR REFLEXION

OBJECTIF

Expliquer la réalisation d'un hologramme par réflexion à partir du « montage de Denisyuk ».

MONTAGE



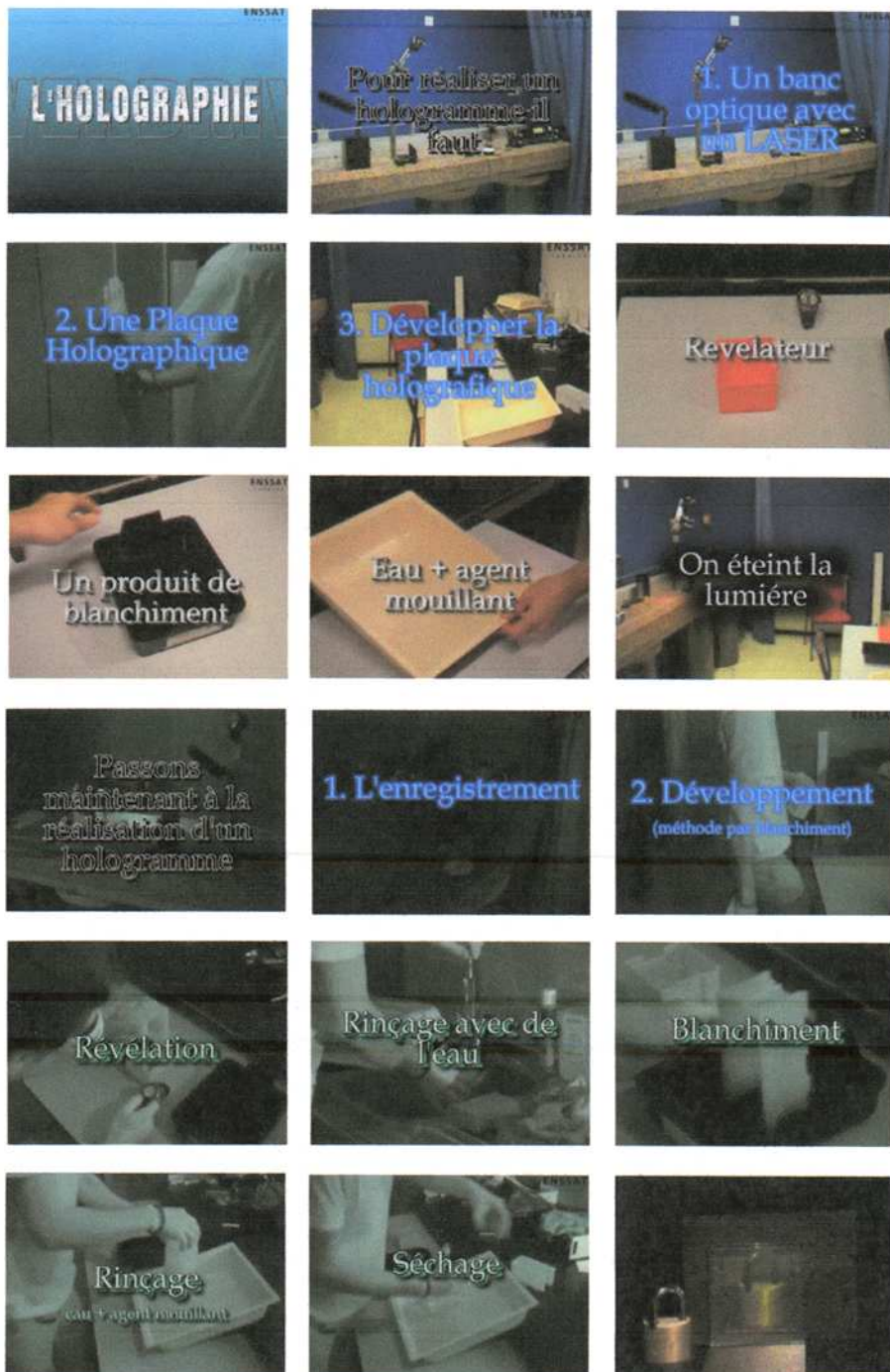
1. Placer le laser en position A3.
2. Installer l'objectif du microscope 1 en position D3,
3. Installer la plaque holographique « R » en position I/J3,
4. Installer le porte objet et l'objet dessus en position K3,
5. Brancher le laser et à l'aide de la « cible » ajuster le réglage (hauteur, position et angles) des éléments afin que le faisceau laser éclaire la plaque holographique.

ENREGISTREMENT

NB : Dans ce montage, les deux trajets n'ont pas la même longueur. Il est donc nécessaire que la distance entre la plaque et l'objet soit inférieure à la moitié de la longueur de cohérence du laser si l'on veut pouvoir enregistrer un hologramme.

1. La plaque holographique vierge se dispose sur le montage dans le noir. La plaque est ensuite éclairée par le laser pendant un temps de pose prédéterminé (quelques secondes par exemple). Pendant ce temps d'exposition, on doit éviter tout déplacement, même infime, de l'objet à holographier. Lorsqu'un objet a bougé, il n'est pas flou mais noir (voir hologramme) !
2. Les faisceaux provenant du laser et de l'objet interfèrent. Il y a apparition de franges sombres et brillantes perpendiculaires à la plaque holographique.
3. La plaque holographique sera ensuite placée dans une boîte étanche à la lumière.

4. Différentes étapes seront nécessaires pour réaliser l'hologramme (voir vidéo)



RESTITUTION (OU LECTURE)

1. Observer l'image de l'objet sur la plaque holographique.

>> On observe une image de l'objet en 3D. L'hologramme peut donc être restitué à l'aide d'un laser identique à celui utilisé lors de l'enregistrement comme pour un hologramme en transmission.

2. Observer l'hologramme à la lumière blanche.



>> On peut voir l'image holographique de l'objet. Les hologrammes ainsi réalisés peuvent être restitués à l'aide d'un faisceau de lumière blanche. Le faisceau de restitution arrive sur la plaque sous le même angle d'incidence que le faisceau de référence lors de l'enregistrement.

Dans ce cas, la lumière blanche est réfléchiée par la plaque. Les franges d'interférences qui sont parallèles à la plaque jouent alors le rôle de miroirs et ne réfléchissent que la lumière dont la longueur d'onde correspond à celle qui est à l'origine des franges d'interférences.

CONCLUSION

Les hologrammes sont réalisés grâce aux interférences qui se produisent au niveau de la plaque d'enregistrement holographique. Ils diffèrent ainsi des photographies où l'on enregistre seulement l'intensité. Dans le cas des hologrammes on enregistre cette intensité mais aussi une autre information (la phase) grâce aux deux faisceaux, ce qui permet d'obtenir une image en 3D.

La restitution des hologrammes permet d'obtenir une vue en 3D de l'objet qui a été enregistré. Cette technique est ainsi utilisée pour présenter des pièces de musée à plusieurs endroits en même temps ou afin de ne pas exposer des oeuvres fragiles. Elle permet aussi de stocker de la mémoire.

Certains hologrammes ne peuvent être restitués que grâce à l'utilisation du même laser que celui utilisé pour réaliser l'hologramme, c'est-à-dire l'utilisation d'une lumière cohérente (ordonnée) de la même couleur (longueur d'onde). Cette propriété permet de rendre les hologrammes de sécurité, tels que ceux que l'on retrouve sur les billets de banque infalsifiables. En effet il faut connaître la couleur (la longueur d'onde) exacte du laser pour pouvoir voir l'hologramme.