

## **Réalisation d'un hologramme par réflexion à faisceau unique**

Alexandre Escarguel ([alexandre.escarguel@univ-provence.fr](mailto:alexandre.escarguel@univ-provence.fr)); Christophe Vilagines  
ESCUP, Université de Provence (<http://maisondessciences.univ-provence.fr/>)

Cette démonstration a pour but de réaliser un hologramme par réflexion à faisceau unique, observable en lumière blanche. Il se compose de 3 étapes :

- A. mise en place du dispositif optique
- B. exposition de la plaque
- C. développement de la plaque holographique et observation de l'hologramme

### **A. Mise en place du dispositif optique**

#### **A.1. Dispositif anti-vibratoire**

Afin de réussir un hologramme, il est indispensable de s'affranchir des vibrations parasites lors de l'exposition de la plaque à la lumière laser. Des déplacements de l'ordre du dixième de micromètre peuvent suffire à rater l'hologramme. Il faut donc utiliser un dispositif qui permette d'amortir ces vibrations. Une méthode très efficace consiste à utiliser une chambre à air de vélo ou de pneu de voiture placée sous une plaque plane et massive (idéalement une plaque en fonte), sur lesquels les éléments optiques seront disposés. Il est intéressant de noter qu'une plaque sensible à l'aimantation permettra par la suite d'utiliser des aimants pour bien stabiliser toutes les pièces du montage. Il est toujours possible de faire un "sandwich" de plusieurs chambres à air alternées avec des plaques. La stabilité n'en sera que meilleure.

D'autres part, toujours pour éviter les vibrations parasites, placer le dispositif plutôt dans le coin d'une pièce, près d'un mur mètre.

#### **A.2. Positionnement du dispositif optique**

Le dispositif optique se compose de 3 éléments :

- un laser HeNe polarisé de puissance 8,3 mW, monté sur un support rectangulaire permettant de positionner le faisceau à bonne hauteur.
- une objectif de microscope permettant d'étaler le faisceau laser. Cela permet à ce dernier de recouvrir complètement la plaque holographique.
- Un support de plaque holographique, servant aussi de support pour l'objet dont on veut faire l'hologramme. Il est aussi possible de fixer l'objet avec un peu de pâte à modeler et de poser la plaque holographique verticalement contre l'objet. Le fait que la plaque et l'objet soient en contact limite les problèmes de vibrations entre les deux.

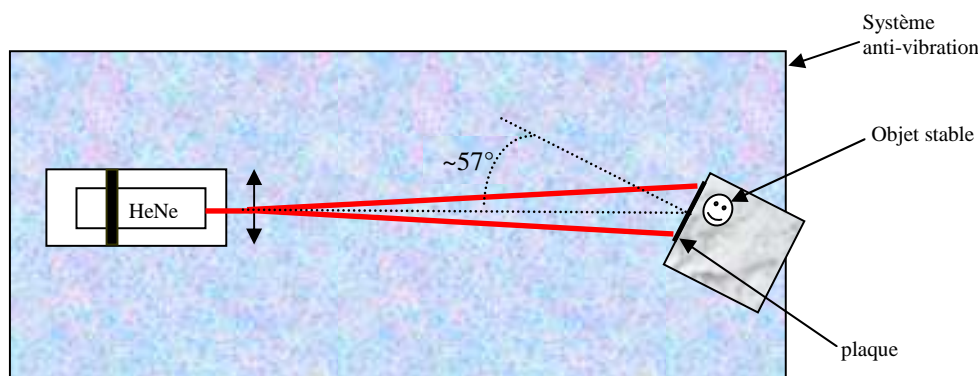
#### **Procédure suivie :**

- Placer le laser, fixé sur son support, à une extrémité de la plaque.
- Positionner approximativement le support "plaque +objet" de telle sorte que le plan de la plaque ne soit pas perpendiculaire au faisceau laser. Idéalement, il faut que, l'axe de polarisation du laser étant dans le plan horizontal, l'angle  $\alpha$  entre le faisceau et le film soit égal à l'angle de Brewster, c'est à dire  $56,6^\circ$  ( $\tan \alpha = n = 1,52$ ). Dans ces conditions, il n'y a pas de réflexion du faisceau sur la plaque, ce qui évite d'avoir des figures d'interférences parasites dues aux réflexions du laser entre les 2 faces de la plaque. Le faisceau laser doit pointer à peu près au milieu de la plaque.
- Placer l'objectif de microscope devant le laser de façon à ce que le faisceau divergent recouvre la plus grande partie de la plaque, sans que la tâche laser ne dépasse trop de la surface de la plaque. De cette manière, on aura le maximum de puissance laser répartie sur la plaque. Positionner l'objectif de telle sorte qu'il y ait le moins possible de tâches de diffractions dues à la poussière déposée dessus... Pour avoir une

tâche bien homogène sur la plaque, il faudrait effectuer un filtrage spatial : placer un micro-trou, typiquement de 20  $\mu\text{m}$  de diamètre, au point focal de la lentille.

- Il est intéressant de fixer un petit morceau de carton devant la tranche verticale de la plaque située la plus près du laser. En effet, dans le cas contraire, le faisceau arrivant sur ce côté risque de créer des figures d'interférences parasites en se réfléchissant de multiples fois entre les 2 faces de la plaque.
- Fixer fermement l'objet derrière la plaque (utiliser une fine couche de pâte à modeler), le plus près possible du film. On choisira un objet rigide (pas de fleur, d'objets en tissus...) afin d'éviter les vibrations. Dans ce type d'hologramme, il est important de choisir un objet réfléchissant bien la lumière.
- Vérifier que le faisceau laser éclaire correctement l'objet en observant son ombre sur une feuille blanche placée derrière l'objet.

Le schéma suivant résume le positionnement des divers éléments :



## B. Exposition de la plaque

### Procédure suivie :

- Laisser le laser HeNe en marche **au moins 30 minutes** avant de faire des hologrammes, afin qu'il soit bien stabilisé.
- Mettre un obturateur (morceau de carton) devant le laser.
- Calculer le **temps d'exposition  $\Delta t$**  nécessaire, sachant que la sensibilité de la plaque utilisée nécessite de déposer sur la plaque environs **150  $\mu\text{J}/\text{cm}^2$**  (Attention : cette valeur dépend du type de plaque que vous utilisez). Pour faire le calcul, on aura mesuré la puissance lumineuse du faisceau laser divergent au niveau de la plaque (exemple de calcul :  $P = 43 \mu\text{W} / \text{cm}^2$ , d'où  $\Delta t = 3,6 \text{ s}$ ). Il est aussi possible d'utiliser un luxmètre. Dans ce cas, il faudra procéder à des test d'exposition pour savoir quelle valeur indiquée par le luxmètre correspond à un temps d'exposition correct.
- Si les plaques sortent du réfrigérateur (cela permet de prolonger leur durée de vie), attendre que celles-ci soient à la température ambiante avant de faire des hologrammes.
- Allumer la lampe inactinique verte de faible intensité, puis éteindre l'éclairage de la pièce. Attendre quelques minutes que les yeux s'habituent à l'obscurité.
- Sortir la plaque de sa boîte, **repérer le côté où se trouve l'émulsion : il est légèrement rugueux au toucher quand on fait un peu de buée dans un coin de la plaque.**
- Positionner la plaque sur le support de façon à ce qu'elle soit bien stable.
- **Attendre 1 ou 2 minutes** sans bouger, afin qu'il n'y ait plus de mouvement de l'air ambiant.
- **Exposer la plaque** à la lumière laser en retirant l'obturateur de devant le laser pendant le temps  $\Delta t$  que vous avez calculé.
- Ranger la plaque dans sa boîte pour la protéger de la lumière et développer la plaque dans les heures qui suivent l'exposition (l'hologramme disparaît au bout de quelques heures).

## C. Développement de la plaque holographique et observation de l'hologramme

### C.1. Développement de la plaque holographique

Les produits utilisés ici pour développer les plaques ne sont pas toxiques. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser des gants pour les manipuler. Le révélateur va permettre de faire apparaître l'image latente de l'hologramme. Le blanchiment va permettre de rendre transparentes toutes les zones de la plaque non exposées au laser.

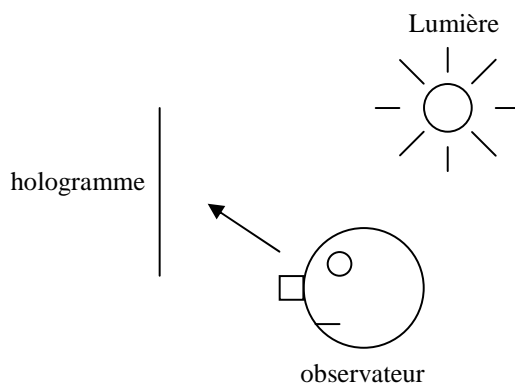
**Attention :** en général, ce type de produits (révélateur, fixateur, blanchiment...) nécessitent l'usage de pinces ou de gants.

#### Procédure suivie :

- Après avoir éteint la lumière (on peut conserver une faible lumière verte), sortir la plaque et repérer le côté où se trouve l'émulsion sur laquelle est l'hologramme.
- La plonger dans le **révélateur** (solution à 10 % dont la température doit être comprise entre 20 et 25 ° C) de façon à ce que le côté émulsion soit en dessus. Cela évitera d'avoir des rayures sur la plaque dues aux frottements avec le fond des bacs. Bouger la plaque continuellement pendant **6 min**. Observer que l'hologramme (une tâche sombre pour le moment...) apparaît progressivement.
- Retirer la plaque du révélateur et la rincer à l'eau courante pendant 30 s. À la fin de cette étape, vous pouvez travailler en pleine lumière.
- Plonger dans le **blanchiment** pendant **3-4 min**, jusqu'à ce que la plaque soit complètement transparente. Agiter de temps en temps la plaque.
- Rincer à l'eau courante pendant 1 min.
- Plonger la plaque pendant 30 s dans de l'eau contenant une goutte de liquide vaisselle.
- Laisser sécher l'hologramme en le posant verticalement ; au besoin, utiliser un mouchoir en papier pour le sécher (risque d'abîmer l'hologramme), puis terminer au sèche-cheveux.

### C.2. Observation de l'hologramme

Pour observer ce type d'hologramme, une lumière blanche intense et suffisamment ponctuelle suffit, telle qu'une lampe halogène, ou le soleil (idéal). Placer l'hologramme comme indiqué sur le schéma suivant en faisant attention à ce que l'émulsion soit du côté opposé à l'observateur.



#### Ressources :

- « *Practical Holography* », **Graham Saxby**, version anglaise très complète. Il existe une version française publiée chez Masson en 1984 qu'on peut encore trouver d'occasion.
- Le site d'**Yves Gentet** : <http://www.ultimate-holographie.com/> - réalisation d'hologrammes artistiques, vente de plaques holographiques Ultimate.
- Site américain **Integraf** sur l'holographie : <http://www.holokits.com/> - vente de plaques (Slavich) pour réaliser des hologrammes.
- Site de **Slavich** : <http://www.slavich.com> - vente de plaques pour réaliser des hologrammes.