

Rapport de laboratoire d'holographie.

Lumay Geoffroy, Michel Fabrice
Nyadanu Kodjo

Avril 2003

Chapitre 1

Holographie en réflexion :

1.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous décrivons un dispositif d'holographie en réflexion et nous parlerons des conditions à remplir pour obtenir de bons hologrammes en réflexion.

1.2 Dispositif utilisé :

Nous avons utilisé un dispositif dit replié :

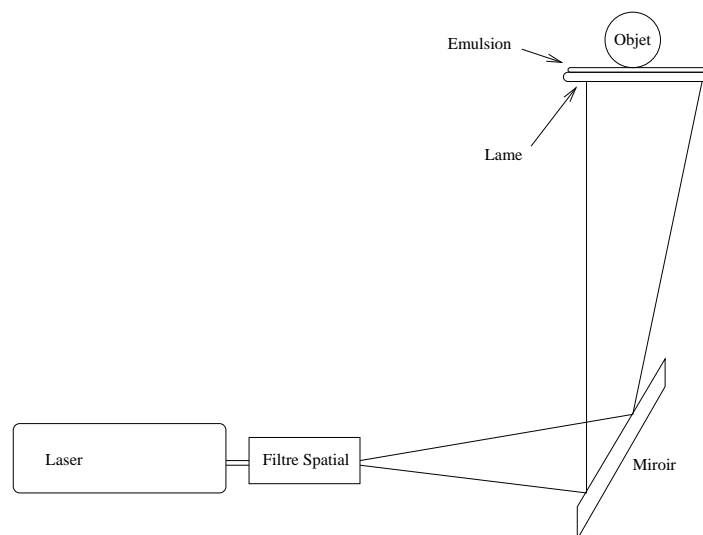


FIG. 1.1 – *Dispositif replié utilisé pour l'holographie en réflexion.*

Le filtre spatial sert à élargir le faisceau laser. Ainsi, toute l'émulsion photosensible sera éclairée. De plus, un filtre spatial tend à corriger les défauts de phase du laser. Du coup, l'introduction du filtre nous permet aussi d'améliorer la cohérence du faisceau. Ce qui est évidemment intéressant pour améliorer les franges du réseau holographique.

La lame est posée en hauteur. Ainsi, on jouant sur sa hauteur, on peut éclairer toute l'émulsion.

Le miroir, de très bonne qualité afin d'éviter le maximum de pertes, sert à rediriger le faisceau vers cette lame. La bonne qualité du miroir sert aussi à minimiser l'introduction de phase lors de la réflexion.

1.3 Détermination de la durée d'éclairement :

Nous avons mesuré sur la lame un éclairement de $40,03 \mu W/cm^2$. Du coup, en observant les courbes de densité des émulsions, on trouve qu'il faut une durée d'éclairement de l'ordre de 20s pour obtenir une densité de l'ordre de 2.

Cependant, les émulsions n'étant pas neuves, nous avons augmenté le temps d'enregistrement. Nos plus beaux hologrammes ont été obtenus pour une durée d'éclairement de 25s.

1.4 Précautions à prendre :

1.4.1 Lors du montage du dispositif :

Avant d'enregistrer, il faut régler le filtre spatial de manière à avoir une distribution d'éclairement la plus homogène possible : on étale la gaussienne du mode TEM_{00} .

1.4.2 Lors des manipulations :

Les émulsions étant photosensibles, il est primordial de les manipuler dans la plus grande obscurité possible. De plus, les émulsions ne sont recouvertes de gellatine que sur une seule face. Du coup, une fois cette face déterminée, il faut la griffer le moins possible afin d'éviter d'abîmer le réseau holographique.

1.4.3 Lors de l'enregistrement :

Devant enregistrer une figure d'interférences, il est primordial d'éviter tout déplacement de l'objet lors de l'enregistrement. Pour ce faire, il faut prendre deux grandes précautions :

- La table, où est posé le dispositif, est montée sur "des pieds stabiliseurs"¹ afin de ne pas ressentir les vibrations présentes dans la pièce ;
- Il faut attendre une quinzaine de minutes que l'objet se soit stabilisé,² sous l'effet de son poids, dans la gellatine.

1.4.4 Lors du développement :

Les solutions permettant le développement sont sensibles à l'air, elles ont tendance à s'oxyder. Du coup, il ne faut pas les préparer trop à l'avance et si les manipulations durent trop longtemps, il faut en refaire de nouvelles. En général, nous gardions les mêmes solutions durant environ 3 heures.

Les durées pendant lesquelles nous baignions l'émulsion dans les différents bains n'ont pas toujours été bien respectées. En effet, nous avons tendance à travailler à l'oeil lors du développement.

1.4.5 Lors du choix de l'objet :

Il est important de choisir de bons objets diffuseurs si l'on veut obtenir de beaux résultats. De plus, le plus aisé est de prendre un objet de couleur la plus uniforme, ainsi, on peut penser que toutes ses parties diffuseront de la même manière.

1.5 Résultats obtenus et conclusion :

Nous avons obtenus de très beaux résultats, surtout sur plaque de verre. Mais ce ne fut pas immédiat. En effet, la détermination du temps d'enregistrement, malgré l'observation des courbes de densité, est la plus grande difficulté : un temps trop court et on n'a pas suffisamment de détails, un temps trop grand et on brule l'émulsion.

¹C'est à dire, qu'ils sont posés dans une bassine remplie de balles de tennis

²Pour les objets les plus lourds, nous avons été même jusqu'à attendre 20minutes par sécurité.

Chapitre 2

Holographie en transmission :

2.1 Introduction :

Maintenant, nous allons décrire le montage utilisé pour la réalisation d'hologrammes en transmission. Ensuite, nous expliquerons les conditions expérimentales à remplir pour obtenir les plus résultats.

2.2 Dispositif utilisé :

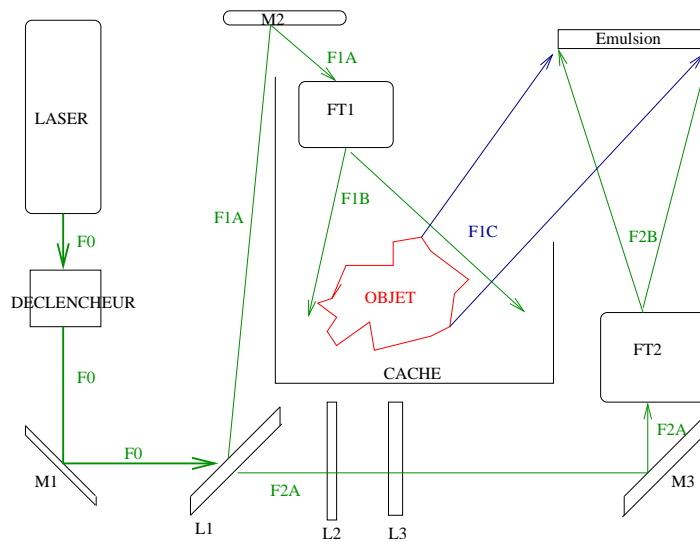


FIG. 2.1 – Dispositif replié utilisé pour l'holographie en transmission.

2.2.1 Légende :

- M1, M2 et M3 : miroirs de très bonne qualité pour minimiser les pertes et l'introduction de phase lors des réflexions ;
- L1 : lame séparatrice indintique à celle utilisée dans un interféromètre de Michelson ;
- L2 : lame de densité ;
- L3 : lame à réflexion variable ;
- FT : filtre spatial.

2.2.2 Description du montage :

Lorsque le déclencheur ¹ est sur "on", le faisceau laser F0 peut se propager dans le dispositif :

- F0 se réfléchit sur M1 ;
- F0 se divise, grâce à L1, en F1A et F2A.

Envisageons maintenant les faisceaux F1A et F1B :

- F1A se réfléchit sur M2 et va vers FT1 ;
- FT1 élargit ce faisceau F1A : on le renomme F1B ;
- Ce nouveau faisceau F1B éclaire l'objet ;
- Ce même objet diffuse F1B en F1C.

Maintenant étudions le parcours de F2A :

- F2A est atténué à l'aide de L2 et L3 ;
- Ensuite F2A est réfléchi par M3 et redirigé vers FT2 ;
- FT2 élargit le faisceau et on renomme F2A par F2B.

Enfin, F1C et F2B interfèrent et la figure d'interférence est enregistrée par l'émulsion photosensible.

2.2.3 Remarque :

L2 est placée de manière à diminuer, comme L3, le flux lumineux de F2A : cfr section suivante. Mais surtout, L2 sert à ne pas abîmer L3, plus sensible qu'elle ².

¹Ce déclencheur est utilisé afin d'éviter de devoir éteindre et allumer le laser pendant les manipulations.

²Les lames à réflexion variable sont réalisées par évaporation d'argent. Et si elles sont soumises à un éclairage trop important, la partie de l'énergie absorbée fait que l'argent se réévapore.

2.3 Détermination de la durée d'éclairement :

Nous avons obtenu de la part de chaque faisceau un éclairement de l'ordre de $1,5\mu W/cm^2$: ce qui font donc un éclairement total de $3\mu W/cm^2$ sur l'émulsion. Ceci nous permet de déterminer, via la courbe de densité, le temps nécessaire d'exposition.

Mais attention, contrairement à l'holographie en réflexion, notre laser émet dans le vert et non plus dans le rouge, or nos émulsions présentent un minimum de sensibilité spectrale dans le vert (10X moins sensible que dans le rouge). Ceci implique qu'il faudra augmenter notre temps d'éclairement.

N'oublions pas non plus l'âge des émulsions comme dans le cas précédent.

Au total, en tenant compte de l'éclairement reçu, la sensibilité spectrale et l'âge des émulsions, nous avons obtenus nos plus beaux hologrammes pour une exposition de 200 secondes.

2.4 Précautions à prendre :

2.4.1 Lors du montage du dispositif :

- Afin de conserver la cohérence du laser, il faut que la différence de chemin optique des faisceaux F1C et F2B soit inférieure à la longueur de cohérence du laser utilisé ;
- Le filtre spatial FT1 doit être réglé de manière à éclairer l'objet de manière la plus uniforme possible ;
- Le filtre spatial FT2 doit, lui, éclairer l'émulsion de manière la plus uniforme ;
- Il faut installer le cache de manière à protéger le plus possible l'objet de la lumière autre que F1B ;

2.4.2 Autres précautions :

Il faut observer les mêmes précautions de manipulations des émulsions, d'oxydation des solutions de développement et de protection contre les vibrations que dans le chapitre 1. Sauf, que notre objet n'étant pas posé sur l'émulsion, il ne faut pas attendre qu'il soit stabilisé dans celle-ci. Ceci nous fait évidemment gagner beaucoup de temps.

2.5 Résultats obtenus et conclusion :

Comme dans le cas précédent, une grande difficulté fut la détermination de la durée d'exposition. Mais dans ce chapitre apparaît une seconde difficulté : le montage est bien plus complexe que dans l'holographie en réflexion. Evidemment, nous étions avantagés par le fait que les autres groupes avait déjà mis en place le dispositif.

Sinon, nous avons obtenus de très bons hologrammes pour une exposition de 200 secondes.

Chapitre 3

Comparaisons des deux méthodes :

Maintenant, tentons d'établir les avantages et les inconvénients des hologrammes en réflexion par rapport aux hologrammes en transmission.

Evidemment, ceci pour les même émulsions.

3.1 Lors du montage :

Il est évident que l'holographie en réflexion est plus intéressante ici, car montage plus élémentaire : moins de réglages, moins d'éléments optiques sont nécessaires,...

Il faut noter aussi que l'holographie en réflexion a nécessité un laser moins puissant : car moins de pertes dans le dispositif.

3.2 Lors de l'enregistrement :

L'inconvénient des hologrammes en réflexion est le fait que l'objet est posé sur l'émulsion. Ceci implique qu'il faut attendre sa stabilisation et que l'on peut griffer l'émulsion au moment de poser l'objet et au moment de l'enlever.

3.3 Lors du développement :

Ayant utilisé les mêmes émulsions dans les deux cas, nous avons utilisé les mêmes solutions. Et il n'y a donc pas de différence majeure entre les deux

types d'holographie.

3.4 Lors de la lecture :

Nos hologrammes en réflexion peuvent être lus en lumière blanche tandis que ceux en transmission doivent être lus avec la longueur d'onde qui a servi à leur enregistrement.

Ceci s'explique par le fait qu'un hologramme en réflexion est un réseau de Bragg qui choisit, lui même, parmi le spectre, la longueur d'onde de rendement diffractif le plus élevé. Par contre un hologramme en transmission ne fait pas cette sélection. Du coup, il faut lui fournir la bonne longueur d'onde : ils sont illisibles en lumière blanche.