

## Réalisez des bons réseaux vous-même

par J. KEIL

Agrégation en Physique  
Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix  
5000 Namur, Belgique

*Cet article, sans entrer dans des détails densitométriques et autres, veut montrer très rapidement comment vous pouvez réaliser vous-même des réseaux (de Fraunhofer) de bonne qualité, de loin suffisants pour des travaux pratiques d'élèves et de jeunes étudiants, et cela à des prix très modestes, ce qui ne gêne rien. Nous ne donnons ici que des recettes. Si vous désirez la théorie correspondante (photométrie, densitométrie, réseaux de Fraunhofer et de Ronchi, holographie, etc...) nous vous proposons notre syllabus «Holographie» édité par la Faculté des Sciences des FUNDP, 5000 Namur, Belgique.*

### 1. PRINCIPE

Considérons (figure 1) deux sources lumineuses ponctuelles a et b émettant des ondes lumineuses monochromatiques de même fréquence et d'une cohérence suffisante. Supposons que le déphasage entre ces sources soit constant.

Nous obtenons donc, dans l'espace environnant, un ensemble d'hyperboloïdes ventraux et nodaux dont les foyers sont les sources a et b. En coupant ces surfaces par un plan E, on obtient, dans ce plan, un système de franges de Young-Fresnel. Si la section se fait orthogonalement au plan médiateur P de ab, et suffisamment loin de b, ces franges seront *pratiquement* rectilignes, parallèles et équidistantes dans une région de E.

On sait que l'interfrange  $i$  s'obtient par  $\frac{\ell \cdot \lambda}{\Delta}$ , les notations étant indiquées sur la figure 1.

Pour  $\Delta = 100$  mm,  $\ell = 1000$  mm et  $\lambda = 632$  nm (laser He-Ne), on trouve  $i = 0,00632$  mm.

Par mm on aura donc  $\frac{1}{0,00632} = 158$  franges brillantes.

Si nous remplaçons E par une plaque photographique (sensible à la radiation  $\lambda = 632 \text{ nm}$  !) à résolution suffisante, nous pouvons obtenir, après exposition et développement correct, un réseau de Fraunhofer d'une «fréquence spatiale» de 158 traits/mm. Pour  $\Delta = 300 \text{ mm}$ , cette fréquence devient déjà 475 traits/mm. Des réseaux ainsi réalisés sont dits «holographiques».

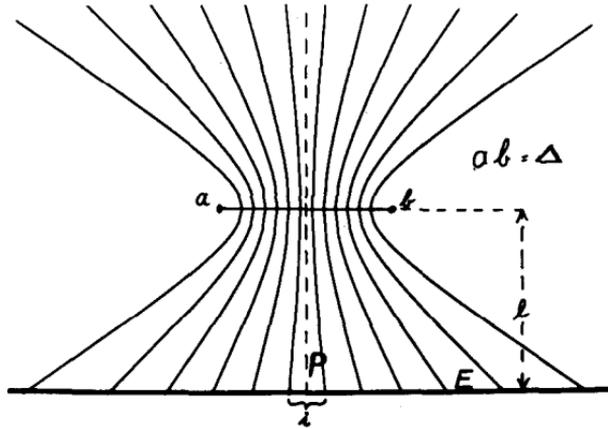


Figure 1

## 2. DISPOSITIF

La figure 2 montre comment on peut pratiquement engendrer les hyperboloïdes désirés, au moyen d'un petit laser He-Ne : il s'agit simplement du bon vieux système de Lloyd.

La lumière quittant le laser est rendue divergente par un objectif de microscope (du type 40 X par exemple). Le foyer a est la première source ponctuelle (réelle). L'image (virtuelle) b que la lame plane réfléchissante L en donne, est la seconde source.

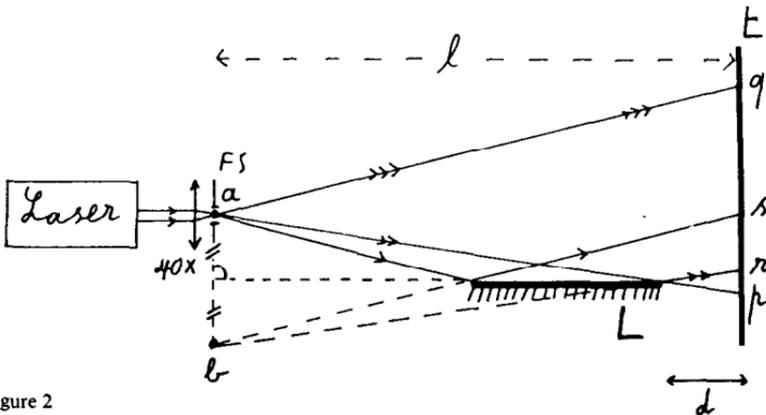


Figure 2

Le faisceau direct  $pq$  et le faisceau réfléchi  $rs$  ont une partie commune  $rs$ . C'est dans cette partie commune que se forment les franges : c'est là que l'on placera la plaque ou le film photographique.

La distance  $\ell$  est de l'ordre du mètre, la distance  $d$  n'est pas critique : autour de 20 cm. Comme dit plus haut, ce sont les distances  $ab$  et  $\ell$  qui déterminent la fréquence spatiale.

La lame  $L$  est, soit un miroir argenté en surface, soit une bonne lame plane de verre. On s'assurera de sa planéité par les procédés bien connus de l'optique géométrique. On gagne à placer au foyer  $a$  un «filtre spatial»  $fs$  (trou d'aiguille) afin de «nettoyer» le faisceau sortant. Cela n'est cependant pas indispensable.

Le montage réalisé, on placera d'abord suivant le plan  $E$  une feuille de papier blanc, afin de bien localiser la partie commune  $rs$ . C'est là que l'on placera la porte-plaque (après avoir enlevé le papier blanc).

Le montage est très sensible aux vibrations du bâtiment.

Nous conseillons de le réaliser sur une grande planche placée sur quatre chambres à air à moitié gonflées, disposées sur une table. (Mieux qu'une planche : une grande plaque de béton ou une pierre de taille ! Mais la planche suffit).

### **Remarque**

La partie  $rs$  où se produisent les franges se repère par le fait qu'elle est bien plus lumineuse que les plages  $pr$  et  $sq$  qui ne reçoivent que le faisceau direct. Si  $ab$  est assez grand, on ne voit évidemment pas les franges individuelles : elles sont trop serrées.

Si on place suivant  $rs$  la mosaïque de l'orthicon d'une petite caméra T.V., on obtient sur le moniteur un merveilleux agrandissement des franges Young-Fresnel. En jouant sur la distance  $ab$ , par déplacement de la lame  $L$ , on peut obtenir une centaine de franges bien rectilignes et équidistantes. Cela constitue une variante moderne de l'expérience du miroir de Lloyd, bien visible même dans un très grand auditoire !

### **3. QUELLES ÉMULSIONS UTILISER ?**

L'émulsion doit être sensible à 632 nm et avoir une haute résolution.

De belles émulsions existent chez Kodak et chez Agfa-Gevaert. Elles ont été réalisées pour des besoins holographiques.

Nous avons utilisé avec succès des plaques (10 cm × 13 cm) et des films (35 mm, rouleaux de 30 m) du type 8E75HD d'Agfa-Gevaert (adresse belge : Agfa-Gevaert, Mortsel, Anvers - adresse française : 274, avenue Napoléon Bonaparte, 92500 Rueil-Malmaison) :

Temps de pose (laser 3,5 mW) : 2 secondes (ordre de grandeur).

Manipulation : dans l'obscurité totale.

Révéléateur : Réfinal (d'Agfa-Gevaert), 20°C, 10 minutes.

Rinçage : 5 minutes.

Fixage : par exemple G334 (d'Agfa-Gevaert), 5 minutes.

Le choix du fixateur n'est pas critique.

Rinçage : 15 minutes (eau courante).

#### 4. VÉRIFICATION DES RÉSULTATS

Après rinçage et séchage de la plaque ou du film, il s'agit de voir si le réseau est bon, et quelle en est la fréquence spatiale.

En regardant, à travers le réseau, une lampe distante de quelques mètres, on doit la voir aux ordres de diffraction zéro, un, deux... au moins.

La qualité des traits peut être vérifiée par examen microscopique. Si vous possédez un oculaire micrométrique ou un oculaire gradué, le microscope permet aussi la détermination de la fréquence spatiale F.

Mieux vaut employer le faisceau laser non divergé (Fig. 3) qui vous donne immédiatement :

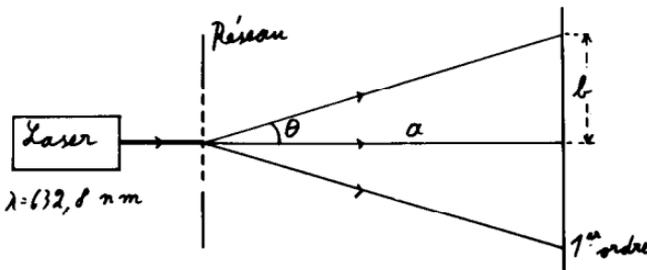


Figure 3

$$\tan \theta = a/b, \text{ et donc } F = \frac{\sin \theta}{\lambda} \text{ avec } \lambda = 632,8 \text{ nm.}$$

La figure 4 montre une microphotographie du réseau obtenu. Photographie en lumière monochromatique. Fréquence spatiale : 619 traits/mm.

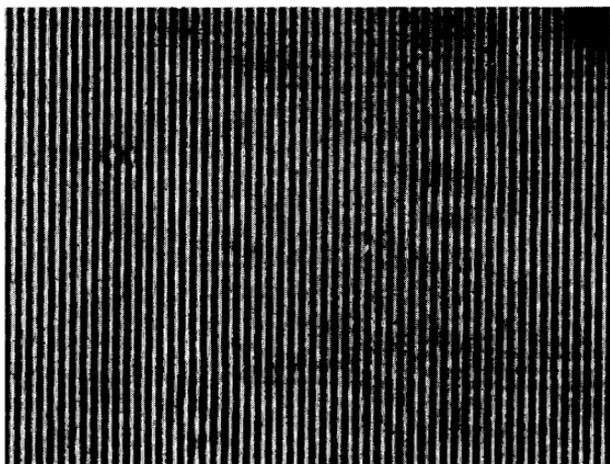


Figure 4

### Remarque

Si vous ne possédez pas de laser He-Ne, vous pouvez réaliser des réseaux en utilisant la lumière verte ( $\lambda = 546 \text{ nm}$ ) d'une lampe spectrale à vapeur de mercure. Dans ce cas, la lettre a de la figure 2 représente une fente assez étroite éclairée par cette radiation. Il importe alors que cette fente et la lame L soit bien parallèles. (Il faut évidemment faire converger la lumière de la lampe sur a au moyen d'un condenseur, et utiliser un filtre ne laissant passer que la radiation verte). Vous voyez que cette démarche est bien plus délicate. Un avantage : toutes les émulsions sont sensibles à la lumière verte.

### 5. AMÉLIORATION DU PROCÉDÉ

Les réseaux que fournit le dispositif de la figure 2 sont de loin suffisants pour beaucoup de besoins. Mais, en fait, les traits ne sont ni absolument rectilignes, ni exactement équidistants. On comprend aisément que ces défauts disparaissent si on emploie le dispositif de la figure 5. Le foyer de la lentille convergente L se trouve dans le «trou» du filtre spatial FS.

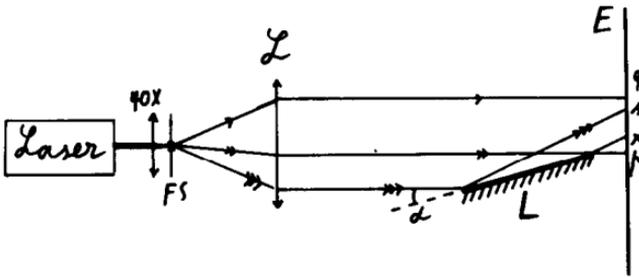


Figure 5

La fréquence spatiale  $F$  est donnée par  $F = \frac{\text{tg } \alpha}{\lambda}$ , avec  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ , comme on le vérifie facilement.

*Il ne nous reste qu'à vous souhaiter bon succès. S'il y avait des «pépins», n'hésitez pas à nous contacter.*

*Vous constaterez qu'il est amusant de laisser à la lumière le soin de réaliser elle-même les réseaux nécessaires à l'étude de sa nature.*