

HOLOGRAPHIE

Les procédés classiques de restitution du relief sur une surface plane reposent sur la perspective des couleurs et des formes ; dans le meilleur des cas, les anaglyphes font le choix de deux visions distinctes du sujet et restituent une stéréoscopie comme le fait notre vision binoculaire. L'holographie (du grec holo=total) restitue intégralement le relief et le résultat n'est pas un subterfuge : c'est ni plus ni moins l'onde émise par l'objet holographié, l'essence même de la perception visuelle, qui est d'abord enregistrée, puis restituée intégralement.

I-Hologramme d'un point

A-Enregistrement.(Doc.1)

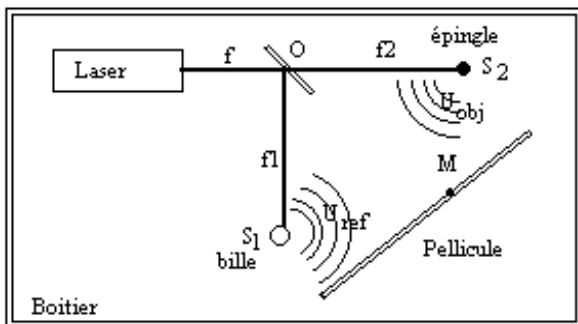
A l'aide d'une simple lame semi-transparente(vitre)Le faisceau , f , émis par un laser est dédoublé en deux faisceaux $f1$ et $f2$.

$f2$ vient éclairer un objet ponctuel S_2 (tête d'épingle) et $f1$ éclaire une bille de roulement à bille, S_1 , (excellent fini optique) de 5 mm de diamètre.

Après réflexion et diffusion, S_2 devient une source ponctuelle émettant une onde sphérique aussi appelée onde objet, notée U_{obj} .

Après réflexion sur S_1 , $f1$ s'étale en une onde pratiquement sphérique, aussi appelée onde de référence et notée U_{ref} .

La pellicule holographique se distingue des pellicules photographiques usuelles, essentiellement par son grain lui permettant de séparer jusqu'à 5000 traits par mm.



DOC.1

Cette pellicule reçoit simultanément U_{ref} et U_{obj} . L'ensemble tient dans un boîtier rigide et à l'abri des vibrations.

Questions :

A.1-Est-ce que la pellicule sera uniformément éclairée ?Justifier.

A.2-Soit M un point de la pellicule,quelle relation doit-il exister entre les distances MS_1 et MS_2 pour que M soit un point d'obscurité, si λ est la longueur d'onde émise par le laser?

A.3-Dans le document 2 est représenté un instantané des ondes U_{ref} et U_{obj} :en traits épais, les maximum d'amplitude et, en traits fins, les minimum.

Tracer, sur le doc.2 , la ligne de cheminement en cours d'éclairement du point P_1 ainsi que Q_1 son aboutissement sur la pellicule.

A.4-Il existe bien d'autres points comme P_1 ; soit P_i un de ces points et Q_i son aboutissement sur la pellicule: que dessinent les points Q_i sur la pellicule toute entière ?

B-Restitution (Doc .3)

Au bout d'une vingtaine de secondes d'exposition on éteint le laser (0,5mW) et on développe la pellicule: les parties obscures apparaissent alors en transparent et les parties éclairées en noir. Les points Q_i laissent donc la place à des zones ponctuelles transparentes sur la pellicule développée.

On remet alors en place la pellicule dans le boîtier au même endroit que lors de l'exposition ; on supprime S_2 et on dispose un cache sur le trajet f_2 .

f_1 génère à nouveau U_{ref} .

Questions :

B.1-Par quel phénomène chaque tache Q_i devient-elle une source de lumière ponctuelle S_i ?

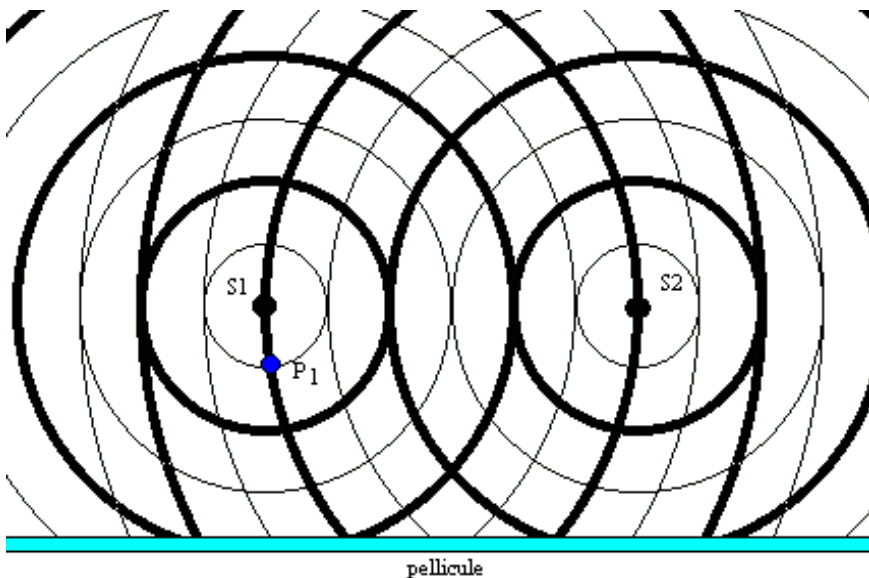
B.2-Pourquoi ces sources S_i sont-elles synchrones, et quelle est leur longueur d'onde commune ?

B.3-Quel phénomène faut-il donc attendre de la superposition de toutes les ondes émises par ces sources ?

B.4-Il semble inconcevable sinon improbable qu'un point quelconque N (doc.3) soit « éclairé » et « simultanément éclairé » par toutes les sources S_i . Pourquoi ?

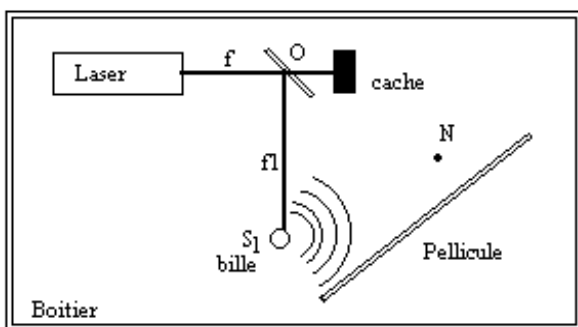
Pourtant il existe deux points qui répondent à la question, deux points qui sortiront du lot brillamment : lesquels et pourquoi ?

Ces points représentent l'image restituée du point S_2



pellicule

DOC.2



DOC.3

II-Hologramme d'un objet quelconque-généralisation

Le principe est le même : S_2 est remplacé par un objet quelconque que l'on peut considérer comme un ensemble de points. f_2 est étalé par un dispositif approprié pour que l'objet soit tout entier éclairé.

Questions

II.1-Pourquoi faut-il alors affaiblir le faisceau f_1 ?

II.2-Quel est l'intérêt du laser ?

II.3-Pourquoi faut-il que les distances OS_1 et OS_2 soient très proches (doc.1) ?

II.4-Pourquoi faut-il mettre le dispositif à l'abri des vibrations ?

II.5-Quel intérêt représente la rigidité du boîtier et la solidarité des différents éléments contenus ?

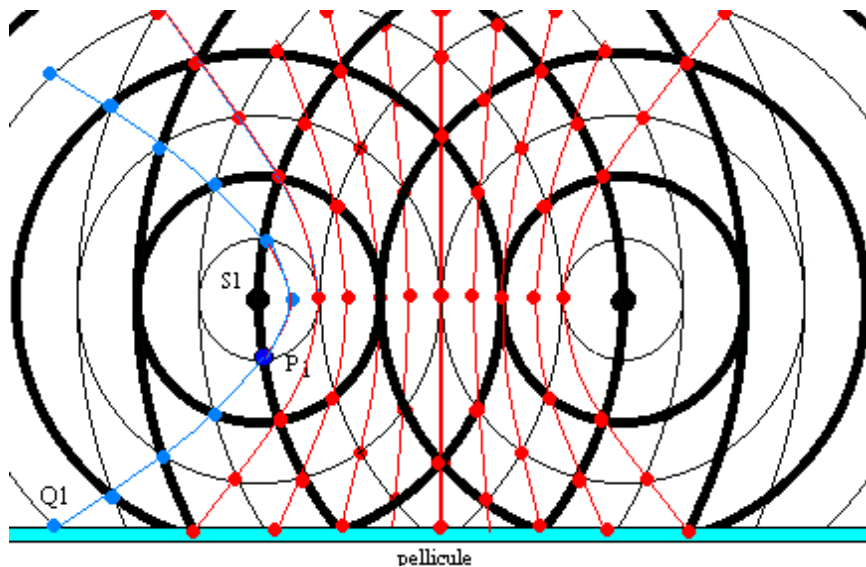
Réponses

A1- Non, car il faut s'attendre à un phénomène d'interférence par lequel " lumière + lumière = obscurité "

A2- $|MS_1 \text{ et } MS_2| = (2k+1)\lambda/2$

A3- On a aussi tracé en rouge le faisceau d'hyperboles d'équation $|MS_1 \text{ et } MS_2| = (2k+1)\lambda/2$

A4- Les points Q_i dessinent l'intersection des hyperboloïdes avec un plan.



B1 – Par le phénomène de diffraction.

B2 – Les sources sont synchrones car elle sont éclairées par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ préservée lors de la diffraction.

B3- Il faut encore s'attendre à un phénomène d'interférences dans l'espace de part et d'autre du plan de la pellicule.

B4- Il faudrait que toutes les sources diffractantes se situent simultanément à une différence de distance égale à un multiple de la longueur d'onde.

Les seuls points répondant à cette contrainte sont le point situé à la place de S_2 et son symétrique par rapport au plan de la pellicule.

II.1-Pourquoi faut-il alors affaiblir le faisceau f_1 ?

Pour que l'interférence soit parfaitement destructrice ou constructive il est souhaitable que les amplitudes des ondes soient égales.

Comme la diffusion sur l'objet se traduit par une perte d'intensité faute de pouvoir l'augmenter on choisit de diminuer celle de l'onde de référence.

II.2-Avec le laser on dispose d'une onde monochromatique.

II.3- Bien que parfaitement monochromatique le laser envoie des salves d'émission de lumière. Il importe que les ondes qui interfèrent soient issues des mêmes salves.

II.4,5- La moindre vibration affecte les distances et dans ce domaine on travaille au niveau du $1/10$ de longueur d'onde.

Si l'on ajoute à cette obligation le fait de la faible puissance du laser qui oblige à un temps de pose de l'ordre de 20s, l'on comprend très bien la difficulté à respecter une telle immobilité si longtemps

voir page suivante le détail de la réalisation dans le cas d'un hologramme par réflexion

