

FEUILLES VOLANTES

Feuille X

Auteur Lucien Dodin

LES PRISMES éditeur 234 av Mal Leclerc 34 Montpellier (67)92 32 04 .

Lumière cohérente, incohérente, applications spéciales.

D'abord une citation, extraite du livre d'optique de Bruhat .
page 89 de l'édition de 1931 (Masson éditeur).

Pour préciser les conditions auxquelles deux faisceaux lumineux doivent satisfaire pour pouvoir interférer, il faudrait se faire une idée du mécanisme de l'émission par une source lumineuse. Ce mécanisme nous est inconnu : mais il paraît difficile de ne pas supposer qu'il y a dans l'atome qui émet la radiation monochromatique un oscillateur matériel vibrant avec la période de cette radiation. L'énergie rayonnée est empruntée à l'énergie du mouvement de cet oscillateur ; ce mouvement s'amortit du fait même de l'émission lumineuse, il s'arrête complètement quand toute son énergie a été rayonnée : l'émission ne continue que parce que l'oscillateur est lancé à nouveau, et l'on peut comparer son mouvement à celui d'un diapason que l'on relance par un nouveau choc chaque fois qu'il s'arrête. D'après ce que nous savons sur les oscillateurs matériels (pendule, diapason), il paraît invraisemblable que le mouvement puisse durer plus d'un million de périodes : comme la fréquence de la lumière est de l'ordre de 10^{15} , il faut supposer que l'oscillateur est lancé à nouveau un milliard de fois par seconde ; il reprend à chaque fois un mouvement de même période, mais qui doit être considéré comme indépendant du précédent, parce que la phase et l'amplitude ont varié brusquement. Si nous considérons deux sources différentes, ou deux points différents d'une même source, ces variations brusques se produisent aux deux points à des instants différents, et y ont des valeurs sans aucune relation entre elles : ces deux points constituent ce que nous appellerons des **sources incohérentes**, les vibrations qu'elles envoient en un point sont des **vibrations incohérentes**.

Bruhat admet un million de périodes comme maximum possible pour la longueur des trains d'ondes. C'est une évaluation arbitraire . D'autre part l'expérience montre qu'on rencontre beaucoup plus souvent des trains d'ondes courts que des trains d'ondes longs. Dans l'exercice de la profession d'opticien polisseur, pour mesurer la qualité des surfaces de verre, on reste ordinairement dans des longueurs de train d'ondes de l'ordre du centième de millimètre, mais les expériences restent encore très faciles à 0,1 mm avec le simple interféromètre à coin. Pour

des distances plus grandes, les trains d'ondes utilisables sont rares et il faut employer un interféromètre très perfectionné pour arriver à les déceler.

Mais on lit souvent dans les ouvrages d'optique une définition de la lumière cohérente très différente de celle de Bruhat. D'après cette autre définition, seraient cohérents les rayons issus d'une très petite source, ou d'une grosse mais assez lointaine pour paraître petite, par exemple une étoile. C'est la définition admise par Zernik et Abbe pour le contraste de phase. Les deux définitions sont incompatibles. Dans une science comme la science physique qui prétend à être une science exacte, définir par le même mot deux phénomènes différents est une monstruosité qui mène fatalement à des confusions.

Tout dépend évidemment du sens qu'on donne au mot "cohérent". Dans le sens de Bruhat, le mot veut dire que, d'un bout à l'autre d'un train d'ondes, la période reste la même. Et ce sens me paraît le seul valable.

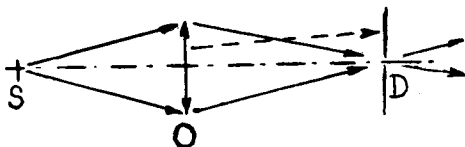
Vue la très courte durée de la plupart des trains d'onde, on pourrait s'étonner que les figures d'interférences constatées dans les interféromètres restent fixes et constantes indéfiniment. C'est que chaque train d'onde donne la même figure que les précédents et que les suivants. C'est le phénomène très précieux qui permet l'existence des interféromètres.

Il nous faudrait un mot exprimant l'expression: "éclairage à petite source", les photographes disent "lumière dirigée", ce qui ne signifie rien. Ce genre d'éclairage est souvent employé et fort efficacement. Un mot bien clair nous éviterait la confusion avec la définition de Bruhat.

Le Laser. Les trains d'ondes émis par le laser ne sont pas plus longs que les autres, si bien que, dans la définition de Bruhat, le laser n'est nullement capable d'émettre une lumière cohérente de longueur indéfinie. Tout ce qu'on peut dire est que cet instrument, employé dans de bonnes conditions, est celui qui, de très loin donne les meilleurs résultats pour l'éclairage monochrome à petite source.

La télégraphie sans fils. Les ondes y sont le plus souvent, entretenues et monochromatiques; les ondes radio communes sont donc cohérentes dans le sens de Bruhat et le train d'ondes est de longueur indéfinie. C'est la raison pour laquelle il est facile d'obtenir des interférences en TSF. Il s'en produit d'ailleurs beaucoup plus qu'on ne le voudrait.

Strioscopie. C'est le type même de l'éclairage à petite source



S= petite source
O= Objectif
D= petit diaphragme

On place l'oeil ou un appareil photographique derrière le diaphragme D. Si l'objectif présente le moindre défaut de surface ou une aberration, le rayonnement, au lieu de converger sur le diaphragme et de pénétrer dans l'oeil, va se perdre sur l'écran qui entoure le diaphragme. Si l'objectif est parfait, il paraît uniformément clair, les défauts apparaissent en noir. On peut alors placer près de l'objectif un objet transparent à étudier, dont les défauts seront visibles. C'est l'effet Calier, bien connu des photographes, mais que les physiciens paraissent ignorer. Ils expliquent cela par une cohérence imaginaire et se perdent en calculs pour essayer de démontrer leur point de vue.

Le procédé de contrôle optique dit de Foucault, que Galilée employait déjà, n'est autre que la strioscopie, mais le diaphragme est remplacé par une lame de couteau. Il ne diaphragme que la moitié du champ.

Le contraste dit "de phase", employé surtout en microscopie, n'est pas autre chose lui-aussi qu'une variante de la strioscopie. Voici en quoi il consiste.

Les deux principaux montages du condensateur pour l'éclairage des microscopes sont: l'éclairage de Kholer qui forme l'image de la source sur le diaphragme postérieur de l'objectif tout en concentrant beaucoup de lumière sur la préparation. L'autre est dit éclairage critique ou d'Abbe, il forme simplement l'image de la source sur la préparation. La différence, en ce qui concerne l'usage, est que, avec l'éclairage de Kholer, la préparation est bien éclairée mais d'une façon assez diffuse pour que l'image de la structure des filaments de la source ne soit pas visible. Avec l'éclairage critique, au contraire, le condensateur peut former assez exactement l'image de la source sur la préparation pour que la structure en soit visible à l'oeil surtout si le grossissement est faible. J'ajoute pourtant qu'il suffit de dépointer légèrement la mise au point du condensateur pour faire disparaître cette structure. On peut aussi employer une ampoule dépolie.

La source, en principe doit être petite pour le contraste de phase.

Le mécanisme dit de "contraste de phase" commence à la préparation. Il faut savoir pour le comprendre, que cette préparation laisse passer le rayonnement sous deux formes, au moins dans le cas où elle est très transparente.

1° La lumière dite "directe". C'est celle qui traverse la préparation sans rencontrer d'obstacle.

2° La lumière dite "diffractée". Celle dont la direction est modifiée par la diffraction sur les solutions de continuité présentées par le bord des objets contenus par la préparation et aussi réfractée par les objets transparents mais d'indice différent du milieu, mais non pas perpendiculaires à l'axe optique. On trouve beaucoup de ces objets dans les diatomées souvent employées pour les tests microscopiques.

Pour les objets transparents et très fins, on peut isoler la lumière ainsi diffractée ou réfractée en employant l'artifice dit "fond noir": un diaphragme central contenu dans le condensateur, arrête totalement la lumière directe, on ne voit plus que la lumière diffractée. Si les détails sont nombreux et très fins, l'image sur fond noir se présente comme un négatif de l'image directe ou à peu près.

On a voulu dans le contraste de phase, voir interférer entre eux les rayons directs et les rayons diffractés, qui sont évidemment issus de la même source, en retardant la phase des uns par rapport aux autres, de façon à créer un effet de contraste, d'où l'expression.

Avec l'éclairage de Kholer, l'image de la source, pour les rayons directs est au centre du diaphragme placé en principe au foyer postérieur de l'objectif. Sur ce diaphragme, généralement au centre, on place une lame $1/2$ onde et on laisse libre autour d'elle un espace annulaire: les rayons directs, se formant sur la lame et seulement sur elle, subiront un retard calculé en traversant cette lame de phase et viendront ensuite interférer, au droit de l'image avec les rayons diffractés qui ont traversé l'anneau.

Une considération tout à fait élémentaire montre que l'opération est tout à fait impossible à réussir.

Il ne peut y avoir interférence que dans le cas où deux pinceaux appartenant au même train d'onde viennent à se rencontrer ou plutôt à cheminer ensemble. Or, si bien construit que soit un microscope, aucun n'est précis au point d'être capable, en partant d'un train d'onde traversant la préparation de le faire coïncider avec lui-même au droit de l'image, la précision devrait être atomique et c'est très loin d'être le cas. On peut signaler aussi que les chemins optiques ne sont pas de même longueur ni exactement de même direction. (1)

En pratique, tous les microscopes que j'ai examinés fonctionnent différemment.

1° On emploie une ampoule dépolie comme source de lumière, dont l'image remplit entièrement le diaphragme. L'éclairage de Kholer est alors sans intérêt aucun, l'éclairage "critique" fait aussi bien l'affaire: il suffit que la lumière remplisse entièrement le diaphragme.

2° On obscurcit la lame de phase en la rendant assez opaque pour que les rayons qui la traversent encore n'aient plus d'existence valable. L'augmentation de contraste est bien constatée, mais c'est, comme en strioscopie par effet Calier. Il s'agit simplement d'un diaphragme laissant passer la lumière par un anneau transparent, or on sait depuis longtemps que les diaphragmes de ce genre sont plus avantageux que ceux qui laissent passer la lumière par un trou central: la luminosité est plus grande, les aberrations sont réduites tout aussi bien, l'image diffractée gêne moins, l'ouverture numérique reste grande, elle dépend surtout du rayon du grand cercle ... tout le monde est content, et enfin l'expression "contraste de phase subsiste et c'est un bon argument de vente pour le commerce.

(1) En lumière blanche, il y aurait des franges colorées.