

666. — Lorsqu'on opère, dans les expériences que nous avons citées, non avec de la lumière monochromatique, mais avec de la lumière blanche, on observe des effets différents. La bande centrale est blanche et, de part et d'autre, on aperçoit une série de bandes diversement colorées, de bandes irisées, mais les franges obscures ont disparu, en aucun point il n'y a absence complète de lumière.

Il est facile de se rendre compte de ce résultat en remarquant que chaque couleur simple donne un système de franges lumineuses et obscures semblables à celui que nous avons décrit; seulement, comme nous l'avons dit, la largeur des franges dépend de la nature de la couleur. Les divers systèmes de franges empiètent donc les uns sur les autres et se superposent.

Si, pour simplifier, nous considérons trois couleurs simples dans la lumière blanche, le Rouge, le Jaune et le Violet, la répartition de la lumière dans chaque système sera représentée par les courbes marquées R, J, V (fig. 335), dans lesquelles, en chaque point, on a porté au-dessus

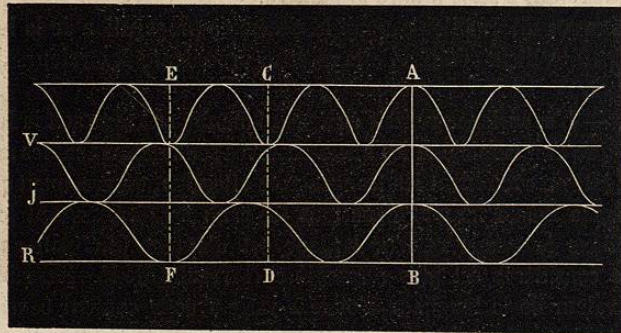


Fig. 335.

de l'horizontale une ordonnée représentant l'intensité lumineuse en ce point. Les franges obscures correspondent aux points où les courbes touchent les horizontales correspondantes, en F par exemple pour la courbe R, les franges lumineuses correspondent aux sommets des courbes, en A par exemple pour la courbe V. Si AB est la partie qui correspond à la frange centrale, l'intensité est maxima pour toutes les couleurs, chaque courbe a un sommet en ce point.

La couleur résultante sera donc la même que celle de la lumière incidente; mais on voit que, en aucun autre point, il n'y a concordance des sommets: la lumière résultante n'aura donc pas la même composition que la lumière incidente: elle ne sera pas blanche, et la couleur variera avec le point considéré, puisque d'un point à l'autre la composition de la lumière change comme le montre la comparaison des diverses ordonnées à des distances différentes de AB.

On voit, d'autre part, que si, en certains points, comme en CD, une couleur manque, le Violet dans ce cas, si même en d'autres, comme en EF, deux couleurs peuvent faire défaut, le Rouge et le Violet, nulle part elles ne font toutes défaut à la fois: il ne peut donc nulle part y avoir obscurité absolue, il ne peut y avoir de franges obscures.

On comprend que ces conséquences sont d'autant plus certaines qu'il y a, en réalité, non pas trois couleurs, mais un nombre considérable de couleurs différentes.

667. **De la diffraction.** — Nous avons indiqué (348) que l'étude des ombres des corps montre que les phénomènes ne sont pas toujours aussi simples que l'indique la théorie géométrique. Si, en effet, on prend pour source lumineuse, un *point* lumineux, comme par exemple l'image réelle fournie par une lentille convergente du soleil ou d'une lumière vive, et que dans le voisinage on place un corps opaque AB (fig. 336), on reconnaît qu'il n'y pas une ligne nette de séparation d'ombre et de lumière; on trouve de la lumière, faible il est vrai, au voisinage de la limite de l'ombre géométrique dans la partie qui aurait dû être dans l'ombre, et on aperçoit dans la partie située en dehors de l'ombre des franges analogues à celles que nous avons décrites. Ces franges sont dites *franges de diffraction*: elles sont lumineuses et obscures avec de la lumière simple, et comme pour les interférences, elles sont irisées pour la lumière composée.

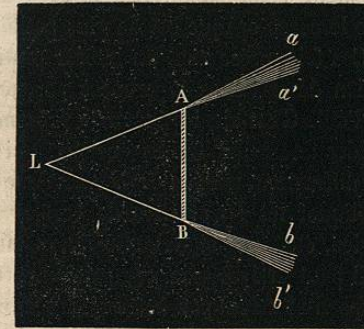


Fig. 336.

Il ne nous est pas possible de donner l'explication de ces phénomènes de diffraction qui se rattachent aux interférences; mais la théorie des ondulations en rend compte d'une manière complète.

668. — Comme nous l'avons dit les effets de diffraction ne se produisent que sur un petit espace tel que aa' , dans le voisinage de la limite géométrique de l'ombre. Si l'écran AB est assez large, les deux régions aa' et bb' où se produisent ces effets sont complètement séparés. Mais il n'en est plus ainsi si le corps opaque AB est de petites dimensions (fig. 337). Dans ce cas, les régions aa' et bb' où se produisent les effets de diffraction ont une partie commune, et dans cette partie apparaissent des franges très nettes. Si l'écran est constitué par un fil fin, par exemple, les franges sont parallèles au fil: il y a une frange lumineuse au milieu de la partie qui devrait être l'ombre géométrique, et au delà, des franges alternativement obscures et lumineuses si l'on a employé de la lumière

simple. Dans la lumière blanche, la frange centrale est blanche, les autres franges sont irisées.

L'expérience, d'accord d'ailleurs avec la théorie, montre que les franges sont d'autant plus larges que le corps opaque est plus étroit.

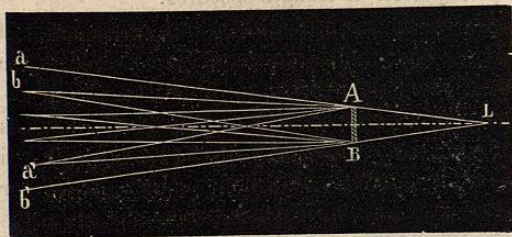


Fig. 337.

Si le corps opaque est circulaire l'effet se produit naturellement dans toutes les directions et on observe alors une tache lumineuse au centre avec des franges circulaires entourant concentriquement cette tache. Les franges sont également d'autant plus larges que le corps opaque est de plus petites dimensions.

Ces faits présentent un intérêt pratique, en ce qu'ils donnent l'explication de certaines apparences perçues dans des cas d'état pathologique de l'œil. C'est ainsi que par la présence dans le corps vitré de particules solides de très petites dimensions, qui produisent sur la rétine des effets de diffraction analogues à ceux que nous venons d'indiquer, on peut expliquer les apparences de cercles irisés, de perles, de chapelets de perles, etc., que signalent certains malades.

Il peut arriver que ces particules étrangères qui se trouvent dans le corps vitré soient peu à peu résorbées et diminuent de dimensions. D'après ce que nous avons dit, les franges de diffraction, qui se manifestent par des cercles irisés, augmentent alors de diamètre. Par conséquent l'indication fournie par un malade, qui voit des cercles irisés, que ces cercles deviennent plus grands constitue un élément de pronostic favorable, car si ces particules diminuent, on peut espérer qu'elles arriveront à être complètement résorbées.

669. — Des phénomènes analogues à ceux que nous venons d'indiquer se produisent lorsqu'un faisceau lumineux se réfléchit ou se réfracte sur une surface de très petites dimensions : les lois que nous avons données ne sont pas suivies et il apparaît des franges de diffraction.

Les effets sont particulièrement intéressants lorsqu'on fait arriver un faisceau lumineux sur un réseau formé de petites surfaces, réfléchissantes ou réfringentes, régulièrement disposées. Les réseaux les plus simples sont constitués par une lame métallique polie sur laquelle on a tracé des raies fines, parallèles, équidistantes et très rapprochées : on a de semblables réseaux où il y a ainsi 4000 raies et plus par millimètre. Lorsqu'on fait arriver un faisceau de lumière blanche, celle-ci subit une dispersion d'une nature particulière et donne naissance à des spectres

très purs qui présentent cette particularité que le violet y est moins dévié que le rouge.

La production des effets très variés par les réseaux de formes diverses, et notamment la production des spectres par les réseaux à lignes parallèles a été expliquée par l'hypothèse des ondulations d'une manière complète; mais l'explication exige des développements mathématiques qui ne sauraient trouver place ici.

Des phénomènes de coloration dus aux réseaux se rencontrent quelquefois dans la nature. C'est à eux, par exemple, qu'il faut attribuer les irisations que présente la nacre, par suite des stries très fines qui existent à sa surface; les plumes de certains oiseaux présentent également des colorations vives et brillantes qui ont une origine analogue.

670. — On peut aisément se rendre compte pourquoi dans les conditions ordinaires les phénomènes de diffraction ne sont pas visibles, en remarquant qu'une condition essentielle pour qu'ils soient observables est que la source lumineuse ait de très petites dimensions. On comprend, en effet, que dans le cas où la source lumineuse présente une surface d'une certaine étendue, chacun de ses points doit donner lieu aux phénomènes d'interférence ou de diffraction. On a donc simultanément autant de systèmes de franges qu'il y a de points servant de source lumineuse; mais ces divers systèmes, en grand nombre, se superposent d'une façon quelconque, sans qu'il y ait coïncidence entre les parties obscures, de telle sorte que, en chaque point de l'écran sur lequel on examine les effets produits par le faisceau lumineux, il y a production, à la fois, de franges obscures et de franges lumineuses dont l'effet total produit un éclaircissement uniforme.

671. **Coloration des lames minces.** — Des effets d'interférence peuvent se produire dans d'autres cas que ceux que nous avons signalés, et il est utile de les indiquer au moins d'une manière sommaire. Considérons

le cas d'une lame mince à faces parallèles $MM'PP'$ (fig. 338) comprise entre deux milieux diversement réfringents et soit un rayon RH qui rencontre la surface MM' en H : nous savons qu'une partie est réfléchiée en r tandis que l'autre est réfractée en HI et rencontre la face PP' en I où, de nouveau, une partie est réfractée en r' et une autre partie est réfléchiée en IJ ; en J , rencontre avec MM' , il se produit également une réflexion en r'' et enfin une réfraction en JS . L'étude des angles montre aisément que l'angle de JS avec la normale JN' est égal à l'angle d'incidence RHN .

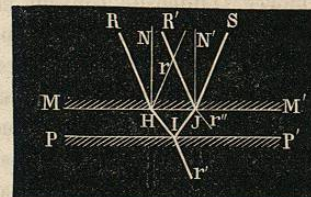


Fig. 338.

Mais au point J arrive, venant de la même source, un autre rayon $R'J$ que nous pouvons considérer comme parallèle si la source est un peu

éloignée, parce que la distance IJ est très petite. Ce rayon se dédouble également et, en particulier, il donne un rayon réfléchi qui prend précisément la direction JS . Il en résulte qu'un observateur dont l'œil est placé sur cette direction reçoit à la fois deux rayons. Mais ces deux rayons, partant de la même source, n'ont pas parcouru le même espace et, dès lors, en général, n'arrivent pas dans la même phase de leur vibration et la différence de phase se trouve liée à la différence de chemin parcouru, à la *différence de marche*, suivant l'expression consacrée.

Supposons d'abord que nous opérons avec de la lumière simple, monochromatique. Si la différence de marche correspond à un nombre pair de $\frac{\lambda}{2}$, les deux vibrations qui parviennent en J sont concordantes, les effets s'ajoutent, l'observateur perçoit la même lumière qu'il aurait reçue par l'action directe de la source.

Si au contraire la différence de marche correspond à un nombre impair de fois $\frac{\lambda}{2}$, les vibrations arriveront en J dans des phases opposées et se détruiront, il y aura interférence et l'observateur ne pourra être impressionné, il ne verra rien.

Si la différence était intermédiaire entre ces deux valeurs, il y aurait addition incomplète ou destruction incomplète des effets, et l'observateur percevrait de la lumière, mais avec une intensité moindre que dans le premier cas.

En répétant la même expérience avec d'autres couleurs simples, on observerait les mêmes effets; mais les valeurs de λ étant différentes pour les diverses espèces de lumière, les épaisseurs qui amènent la destruction, l'annulation de l'effet lumineux, varient avec la lumière considérée. Si l'épaisseur reste invariable, le résultat sera différent suivant la lumière employée, l'intensité pouvant être maxima pour certaines, nulle pour d'autres, intermédiaire pour d'autres encore.

Si on fait arriver de la lumière blanche sur une lame déterminée, des différences de ce genre se manifesteront pour les diverses couleurs simples, de telle sorte que la lumière reçue en S n'aura plus la même composition que la lumière incidente: l'observateur au lieu de voir du blanc verra une couleur différente dont la nature dépendra de l'épaisseur de la lame. De telle sorte que de la lumière blanche tombant sur une substance incolore produit dans ce cas une couleur qui varie pour une même substance par un simple changement d'épaisseur.

Des effets de ce genre sont faciles à observer; ils sont très nets, par exemple, dans le cas des bulles de savon qui réalisent les conditions que nous avons admises. De plus, l'épaisseur de ces bulles diminuant peu à peu par suite de l'évaporation du liquide, on voit les couleurs se modifier progressivement.

C'est à la même cause qu'il faut attribuer les colorations observées sur les cristaux de bismuth, par suite de la formation d'une couche mince d'oxyde; de même aussi pour les teintes que prend le cuivre rouge chauffé à l'air.

Certains corps cristallisés, tels que le mica, peuvent se cliver en lamelles très minces qui donnent naissance au même phénomène.

Des effets analogues à ceux que nous venons de décrire peuvent se produire dans d'autres circonstances.

Reprenons les conditions précédentes: au point J (fig. 339) arrive d'une part le rayon RI qui a subi une réfraction en H , une réflexion en I . Il se divise comme nous avons dit et nous avons vu l'effet dû au rayon réfracté JS ; mais une partie se réfléchit, arrive en K sur la surface PP' , subit une réfraction et passe dans le milieu inférieur suivant KT .

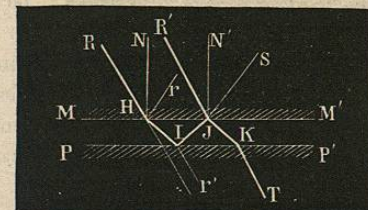


Fig. 339.

Mais, d'autre part, le rayon $R'I$ dont une partie se réfléchit en JS donne une partie réfractée qui suit le même chemin JK et se réfracte de nouveau suivant KT . Un observateur qui a l'œil placé dans cette direction reçoit donc deux rayons différents et, comme précédemment, ces deux rayons présentent une certaine différence de marche.

Nous retrouvons donc les mêmes conditions que précédemment et on peut prévoir qu'on observera des résultats analogues; en effet, dans la lumière simple, suivant l'épaisseur, tantôt on observe la couleur de la lumière et tantôt il n'y a pas de sensation lumineuse. Enfin si on opère avec de la lumière blanche, la lumière reçue par l'œil n'aura pas la même composition que la lumière incidente et l'observateur aura la sensation d'une couleur variable avec l'épaisseur de la lame.

Disons d'ailleurs que dans ce cas les couleurs sont moins vives, elles sont lavées de blanc; aussi sont-elles moins facilement observables.

672. Anneaux colorés. — Les explications précédentes rendent compte des effets qui se produisent lorsqu'on fait tomber un faisceau de lumière, que nous supposons simple d'abord, sur un système composé d'une lentille convexe posée sur un plan de verre.

On comprend, en effet, qu'en un point tel que m (fig. 340) arrivent deux rayons qui se réfléchissent dans la même direction mb , l'un c qui ne parvient en m qu'après avoir subi une réfraction et une réflexion en d ; l'autre a qui arrive directement en m . Nous retrouvons donc les mêmes conditions que nous avons indiquées et nous pouvons dire que suivant l'épaisseur de la couche d'air traversée, il y aura addition des effets lumineux, ou interférence, ou action intermédiaire.

Seulement, comme la couche d'air n'a pas la même épaisseur en tous les points, que cette épaisseur va en augmentant à partir du point de

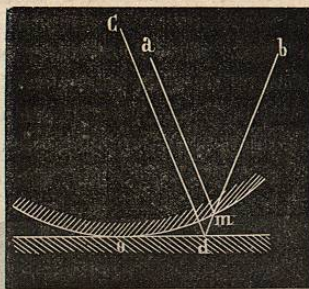


Fig. 340.

contact *o*, on comprend que les effets seront différents aux divers points et qu'on rencontrera alternativement des parties lumineuses et des parties obscures. Comme, d'autre part, tout est symétrique autour du point *o*, les effets doivent s'observer de la même façon, dans toutes les directions à partir de *o*, c'est-à-dire que les parties lumineuses ou obscures seront réparties circulairement autour de ce point.

On doit donc voir une série d'anneaux circulaires alternativement lumineux et obscurs : c'est bien ce que montre l'expérience.

L'observation, d'accord avec une théorie complète que nous ne pouvons donner, montre que ces anneaux sont d'autant plus étroits qu'ils sont plus éloignés de *o*.

En répétant l'expérience avec des lumières simples différentes, on observe les mêmes effets, seulement les dimensions des anneaux varient avec la nature de la lumière.

Les mesures prises des diamètres de ces anneaux permettent, quand on connaît le rayon de courbure de la lentille, de calculer les valeurs de λ pour les différentes couleurs, à l'aide de formules qu'il serait sans intérêt de donner. Disons seulement, et le fait est important parce qu'il vient concourir à la confirmation de l'hypothèse des ondulations, que les valeurs qui ont été ainsi déterminées ont été trouvées égales à celles fournies par les franges d'interférence.

Il va sans dire que lorsqu'on emploie de la lumière blanche il n'y a plus d'anneaux lumineux et obscurs, mais seulement des anneaux diversement colorés, des anneaux irisés.

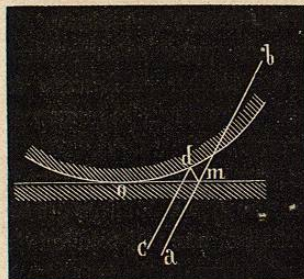


Fig. 341.

Indépendamment des anneaux colorés par réflexion qui sont ceux dont nous venons de parler, il y a des anneaux obtenus par transmission. Leur formation s'explique aisément en remarquant que dans la direction *m b* (fig. 341) l'observateur reçoit deux rayons, un venant directement en *a m b* et l'autre qui a suivi

le chemin *c d m b*. On retrouve donc, comme dans le cas des lames minces, des conditions qui permettent d'expliquer qu'il puisse y avoir

interférence. D'ailleurs tout se passant de la même façon, autour du point *o*, on doit aussi observer des anneaux. Mais, comme pour les lames minces, ils sont lavés de blanc et peu visibles, par conséquent.

673. **Reproduction photographique des couleurs.** — C'est en se basant sur les phénomènes d'interférence et sur la coloration des lames minces que M. Lippmann a pu réaliser la reproduction directe des couleurs par la photographie. Nous ne saurions donner ici la théorie complète de cette opération dont nous indiquerons seulement le principe d'une manière générale.

M. Lippmann fait agir sur une couche de collodion sensible préparé d'une manière particulière et placée devant une masse de mercure, un faisceau lumineux qui donne un spectre sur un écran. La lumière traverse la couche de collodion à l'incidence et, de nouveau, en sens contraire, après réflexion sur la surface du mercure. Entre ces deux systèmes de radiations, il se produit des phénomènes d'interférence : l'action chimique est localisée en certains points. En ces points l'argent de la substance sensible est mis en liberté à l'état de particules fines qui constituent des couches continues dans l'épaisseur du collodion, l'action étant moindre ou même nulle entre ces couches. La discussion complète des conditions montre que ces couches sont, en chaque point, distantes de la moitié de la longueur d'onde $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ correspondant à la lumière qui a agi en ce point.

La plaque est développée et fixée par les procédés ordinaires et ces couches d'argent, ces stratifications, pour ainsi dire, subsistent dans l'épreuve définitive.

Si maintenant on fait tomber de la lumière blanche sur cette épreuve, la lumière pénétrera dans le collodion et se réfléchira sur les couches d'argent pour revenir à l'œil de l'observateur. Il se produira donc là le phénomène de coloration des lames minces, et en chaque point la couleur observée dépendra de la distance de ces couches (671); elle variera donc d'un point à l'autre et la discussion détaillée montre que, en chaque point, la coloration observée sera à peu près la même que celle qui a agi primitivement en ce point.

La question est relativement simple lorsque, en chaque point de la plaque sensible, on a fait agir une couleur simple. Il est difficile de prévoir ce qui se produira pour une lumière composée, ce qui restreindra nécessairement les applications.

Ed. Becquerel en 1848 avait obtenu également une image daguerrienne colorée d'un spectre. Quoiqu'il n'ait pas donné l'explication du fait, il est au moins probable que la théorie est la même, la plaque d'argent, sur laquelle l'image était obtenue, jouant le même rôle de réflecteur que la couche de mercure dans l'expérience de M. Lippmann.