

FEUILLES VOLANTES

234, av. Mal Leclerc 34 Montpellier - Tél. (67) 92 32 04

Physique (optique)

auteur : G. Fresnelsoon

Feuille H

LES ABERRATIONS - Observations sur leur définition

On s'étonne parfois de ne pas trouver dans les livres de science réponse à certaines questions. C'est ainsi que je me suis bien souvent demandé à quoi répondait le mot aberration en optique. J'ai fini par me rendre compte que ce mot, parfaitement clair il y a un siècle, et qu'on ne définissait pas parce qu'alors tout le monde en connaissait la définition a fini par devenir ésotérique. La définition n'étant pas spécifiée dans les vieux livres et la tradition orale ne s'étant pas perpétuée, tout le monde désormais l'ignore. Mes connaissances historiques très limitées m'ont permis tout de même de savoir que les savants du XVIII^{ème} siècle et du début du XIX^{ème}, travaillant sur les bases posées par Képler au XVII^{ème} et sur les travaux de Descartes, avaient construit un système scientifique dont la destinée devait être véritablement triomphale : l'optique élémentaire. Il y avait là une intention hautement morale.

L'optique, à cette époque était très difficile à comprendre pour de multiples raisons que je résumerai en deux phrases. On ignorait beaucoup de choses. Ce qu'on savait on le savait mal, trop mal pour l'enseigner commodément. Cependant les artisans opticiens lunettiers et les opticiens de tout genre demandaient qu'on veuille bien les aider dans leur travail.

On chercha donc à créer sur la base des connaissances de l'époque, un système mathématique rendant compte des propriétés les plus pratiques de l'optique, mais en posant comme condition que ces principes devraient être assez simples pour être compris par les artisans qui, alors, pour les plus instruits, savaient à peine lire : une pragmatique sanction en quelque sorte.

Cette condition rendait impossible le compte rendu de certains phénomènes déjà connus, au moins en partie. On résolut de ne pas tenir compte de la diffraction ni même des différences d'indice que le verre présente quand les couleurs changent. Tout cela n'avait aucun intérêt pour les lunettiers et aurait introduit des difficultés mathématiques qui étaient loin d'être résolues avant Fresnel, et sont encore sur le chantier.

On ne retint pour les calculs que les rayons paraxiaux (voisins de l'axe optique), ce fut la convention de Gauss. Tout cela revenait bizarrement à considérer tous les objets d'optique comme des ovales de Descartes parfaits et même achromatiques. Képler avait déjà conseillé de le faire.

Ce système mathématique une fois posé, il fallut bien reconnaître qu'il laissait inexpliqués un grand nombre de phénomènes. On résolut de dire que ces phénomènes seraient "aberrants". Aberrants à quoi ? Pas aberrants à la nature évidemment, les phénomènes naturels ne sauraient être aberrants à cette nature dont ils font partie, mais aberrants à la théorie mathématique enseignée ce sont :

L'aberration chromatique, qu'on considère sous deux aspects.

L'aberration chromatique de grandissement (liserés colorés visibles sur le bord des images) elle est due à ce que, pour les lentilles simples les images ne sont pas de même grandeur pour chaque couleur.

L'aberration chromatique de position (défaut de netteté de chaque point de l'image dû au fait que ces points se forment à des distances différentes suivant leur couleur).

Bien entendu l'aberration chromatique n'existe pas pour les miroirs, la loi de la réflexion étant la même quelle que soit la couleur, ni pour les lentilles achromatiques, elle n'existe pas non plus pour les systèmes stigmatiques absolus et peu pour les stigmatiques approchés pas non plus pour les objectifs photographiques où elles sont corrigées.

Il arrive, dans les systèmes stigmatiques approchés que l'une des deux aberrations chromatiques soit seule corrigée.

L'aberration de sphéricité. Défaut de netteté des images sur l'axe optique dû au fait que les lentilles simples et les miroirs sphériques ne sont pas des ovales de Descartes, sauf dans les cas particuliers où justement ils le sont. Cette aberration de sphéricité est corrigée pour les lentilles en même temps que l'aberration chromatique. Il est d'ailleurs impossible de corriger l'aberration chromatique sans corriger en même temps l'aberration sphérique.

L'aberration astigmatique. Cette expression, relativement récente et fort impropre, désigne la manifestation de l'aberration de sphéricité mais en dehors de l'axe optique, la coma en fait partie. En parler plus longuement m'entraînerait trop loin.

Il faut remarquer curieusement que la diffraction, pourtant découverte par Grimaldi au XVII^{ème} siècle, fut oubliée dans l'énumération des aberrations et jamais depuis on ne l'a considérée comme telle, ni étudiée comme telle, les défauts qu'elle introduit relativement à l'optique élémentaire sont pourtant fort importants parfois et souvent gigantesques. Cet oubli est peut être dû à ce que Newton n'a jamais accepté de considérer la diffraction comme un phénomène différent de la réfraction.

Ce système de l'optique élémentaire fut donc établi et très soigneusement étudié ; sa fortune fut immense et fait encore l'objet d'innombrables études et livres. Les applications sont constantes et fécondes. C'en est au point qu'il y a excès. Dans les lycées on fait de l'optique élémentaire un prétexte à de nombreux et difficiles calculs mathématiques, alors qu'elle n'est en aucune façon digne de la précision algébrique, il y a abus : l'optique géométrique qu'on n'enseigne plus guère et qui pourtant est à la base de l'optique élémentaire, ce serait déjà beaucoup.

L'absence de la diffraction dans cet enseignement, dont souvent on ne mentionne même pas l'existence fait qu'ensuite quand on en arrive aux applications, le praticien se trouve devant des problèmes qui lui paraissent mystérieux. Par exemple les problèmes de l'agrandisseur photographique et encore plus ceux du microscope, ne peuvent pas même trouver un début de solution à moins qu'on n'ait recours aux arcanes de la diffraction. Je sais bien que pour résoudre les problèmes de la diffraction il faut savoir manier les intégrales transcendentes. Est-ce une raison suffisante pour ignorer jusqu'à la présence de cette diffraction là où elle se manifeste par d'énormes effets sous le simple prétexte qu'on ne sait pas calculer la valeur de ces effets. D'autant plus qu'il suffit souvent de connaître l'existence de ces effets et leur cause pour éviter de grosses erreurs. Une expérience empirique pouvant nous dispenser de calcul.

Mais quel mathématicien moderne aura le courage et l'adresse suffisants pour créer une nouvelle optique géométrique, tenant compte de la diffraction. Nous autres artisans modernes nous avons appris à lire depuis le XIII^{ème} siècle, nous voudrions en profiter.

Si les intégrales en question paraissent trop difficiles, qu'on en trouve des représentations géométriques élémentaires, c'est possible Paul Montel l'a fait pour la résistance des matériaux.

On aura grand intérêt à lire - HISTOIRE DE LA LUMIERE (en français) SEVEPEN 13, rue du Four Paris et COURS D'OPTIQUE TECHNIQUE (en italien) qui tient compte de la diffraction; Institut d'Optique d'Italie Arcetri Firenze. Ces deux livres sont de Vasco Ronchi.