

Astrophotographie et aberrations optiques.

L'optique parfaite n'existe pas ! Même une optique haut de gamme sera entachée de quelques aberrations, qu'il sera plus ou moins facile de corriger avec quelques accessoires supplémentaires. Mais avant d'y parvenir, il faut d'abord identifier ces défauts. Petit tour d'horizon des principales aberrations...

Photographier des étoiles est un excellent moyen de tester une optique. Dans l'idéal, une étoile doit toujours apparaître, sur une image, sous la forme d'un point. Mais dans la réalité, les défauts d'une optique déforment plus ou moins les étoiles.

Quelque soit le système optique utilisé, les aberrations optiques sont d'autant plus prononcées qu'on s'éloigne du centre d'une photo et sont liées à l'ouverture de l'instrument (ou de l'objectif photo). Plus celle-ci est importante et plus les aberrations sont marquées.

Le chromatisme

Cette aberration n'affecte que les systèmes optiques traversés par la lumière : lunettes, objectifs photo et télescopes catadioptriques (Schmidt-Cassegrain, Makasutov-Cassegrain...). En fonction de leur couleur, tous les rayons lumineux ne convergent pas au même endroit. Cela se traduit par un liseré coloré, généralement bleu-violet, qui entoure toutes les étoiles brillantes ou le contour des planètes.

Il est particulièrement visible sur les lunettes achromatiques dont le rapport F/D est peu élevé (<12) et sur de nombreux objectifs photo.

Il en résulte, non seulement des halos colorés particulièrement disgracieux, mais aussi une baisse de contraste. Par conséquent, ces lunettes sont peu adaptées à la photo planétaire ou stellaire.

En photo planétaire, le rendu des couleurs sera faussé par le chromatisme et empêtera les fins détails. L'utilisation d'un filtre anti-chromatisme ou anti-franges, qui vient se visser sur l'adaptateur 31.75 mm de la caméra permettra de réduire très fortement le chromatisme. Mais ces filtres ne sont utilisables qu'avec un capteur noir et blanc, car ils modifient la balance des blancs.

Seules les lunettes apochromatiques et leurs verres spéciaux (ED), peuvent donner des images quasiment dénuées de chromatisme.

De très nombreux objectifs photos donnent des images où le chromatisme est bien visible, notamment à pleine ouverture. Il existe un moyen de le réduire : fermer le diaphragme d'une ou deux valeurs, mais au détriment de la luminosité.



Image brute prise avec un téléobjectif de 300 mm à f/2.8. On peut remarquer un fort halo bleuté autour des étoiles brillantes, malgré l'emploi de verres ED, signature typique d'un objectif au chromatisme marqué.

La courbure de champ

L'image formée par un système optique n'est quasiment jamais plane, mais courbe. Plus on s'éloigne du centre de l'image et plus l'image est floue sur les bords du champ. Quasiment tous les instruments en sont affectés, y compris les lunettes apochromatiques, dont la courbure de champ est loin d'être négligeable.

Toutefois, il existe des lunettes, dont la formule optique est un quadruplet de type Petzval, qui intègre un aplanisseur de champ ; ces lunettes sont alors dénuées de courbure de champ et donne de remarquables résultats en photo stellaire.

En visuel, cette aberration optique n'est pas gênante, mais en photo stellaire, elle est vite pénalisante, surtout avec les capteurs dont la taille dépasse 10 x 15 mm. Les étoiles apparaissant de plus en plus floues au fur et à mesure qu'on s'éloigne du centre de l'image.

Par chance, il existe un accessoire qui permet de très bien corriger la courbure de champs : l'aplanisseur de champ. Celui-ci existe pour quasiment tous les instruments ; son acquisition est vivement conseillée pour obtenir une image plane sur tout le capteur.



Sur cette image prise avec un télescope Schmidt-Cassegrain de 200 mm muni d'un réducteur de focale à f/6.3, la courbure de champ est bien visible. Dès qu'on s'éloigne du centre du champ, les étoiles sont déformées et bien floues dans les quatre coins. Photo Jérôme Rudelle

La coma

Elle se produit hors de l'axe optique et est facilement identifiable par la forme qu'elle induit aux étoiles : celles-ci prennent l'aspect de queue de comète ou de gouttes. Cette déformation est très marquée dans les angles et d'autant plus importante que l'ouverture de l'instrument ou de l'objectif est grande.

Il s'agit d'une aberration très fréquente, que l'on retrouve sur des très nombreux instruments et objectifs photos. Il n'y a guère que la formule Ritchey-Chrétien qui en soit exemptée.

Les télescopes de Newton, surtout s'ils sont très ouverts ($F/D < 6$) présentent une très forte coma. A titre d'exemple, un Newton à f/4 ne donnera des étoiles ponctuelles que sur quelques millimètres et à 10 mm de l'axe optique, la coma étalera les étoiles sur quelques dizaines de secondes d'arc, ce qui est énorme. Un correcteur de coma est alors indispensable, pour corriger ce défaut. Il existe des correcteurs à deux lentilles (correcteur de Ross), mais le plus efficace reste le correcteur à 3 ou 4 lentilles.

A noter que depuis quelques années, Célestron et Meade propose des Schmidt-Cassegrain modifiés, où l'aberration de coma a été très fortement réduite, par rapport à un Schmidt-Cassegrain classique.

La coma est également bien présente avec les objectifs photos, notamment avec les optiques lumineuses et à pleine ouverture. En fermant le diaphragme d'une ou deux valeurs, elle sera

fortement réduite, mais il faudra alors poser beaucoup plus longtemps pour compenser la perte de lumière.



Les effets de la coma sont bien visibles sur ces trois photos (il s'agit à chaque fois d'une partie d'une image, le coin supérieur gauche) prise avec un objectif photo. Sur la première, en haut à gauche, l'ouverture est de f/2.8. La coma donne un aspect de petite comète aux étoiles. En fermant le diaphragme, (f/4 en haut à droite et f/5.6, en bas) la forme des étoiles s'améliore, mais au détriment de la quantité d'information enregistrée. Pour compenser, il aurait fallu augmenter le temps de pose.

Le vignelage

Ce défaut est uniquement pénalisant en photo stellaire ou grand champ. Il se manifeste par un assombrissement des coins d'une image. Il peut être d'origine optique ou mécanique. Très présent sur les objectifs photo lumineux, il suffit de fermer le diaphragme d'une valeur pour le supprimer. Il faudra alors augmenter le temps de pose pour compenser la perte de lumière. Mais il est préférable de faire un flat-field pour le supprimer, cela permettant d'uniformiser le fond du ciel tout en conservant une bonne luminosité.

Le vignelage est présent sur de nombreux instruments, mais il sera surtout visible avec les grands capteurs (15 x 20 mm ou plus). Le seul moyen de faire disparaître ses effets est de faire un flat-field. Cela consiste à photographier une plage de lumière uniforme, correctement exposée, dans la même configuration de prise de vue, dont l'intensité sera divisée à chacune des images.



Sur cette photo de la galaxie NGC 253, le centre de l'image apparaît plus lumineux que les coins. Il s'agit de la signature typique du vignettage. Peu esthétique, il limite aussi les traitements applicables à une image. Voilà pourquoi il est vivement conseillé de faire un flat-field pour le supprimer.

De manière générale, il est rare de ne pas avoir des photos entachées de diverses aberrations optiques. Mais il est bon d'être capable de les identifier, car bien souvent il existe un moyen pour y remédier.

Patrick Lécureuil

Sauf mention contraire, toutes les photos sont de l'auteur.