Les sténopés n'ont pas de cercle d'image,
seulement des cercles de confusion.
La théorie

par Paul Kopff

article paru sur galerie-photo à l'adresse
http://www.galerie-photo.com/stenope-cercle-image-theorie.html

A la fin de cet article, sont présentés deux outils de simulation écrits en javaScript, qui montrent sous la forme de courbes l'effet des paramètres d'un appareil à sténopé (focale, diamètre et épaisseur du sténopé, etc.) sur le vignettage et la résolution des images.

Deux types d'appareils sont envisagés :
Les appareils classiques : des boites parallélépipédiques, où le sténopé est au centre d'une face et où la pellicule couvre l'intérieur de la face opposée.
Les appareils anamorphiques : les plus courants sont des boites cylindriques, où le sténopé est au centre du couvercle et où la pellicule couvre l'intérieur de toute la face latérale cylindrique. Ils font des photographies panoramiques sur des angles pouvant approcher les 360° suivant des perspectives qui paraissent très déformées. Ce deuxième type d'appareils a déjà été décrit en détail, voir :

http://www.galerie-photo.com/photographie-anamorphique-stenope.html

Mais pour commencer, voici en détail mes arguments pour justifier ces modèles et quelques formules, dont on m'a dit qu'elles étaient trop compliquées pour la plupart, mais que je crois du niveau de la terminale S (sauf si ce niveau a baissé beaucoup plus que je ne le pensais...)

1/ Les sténopés n'ont pas de cercle d'image...

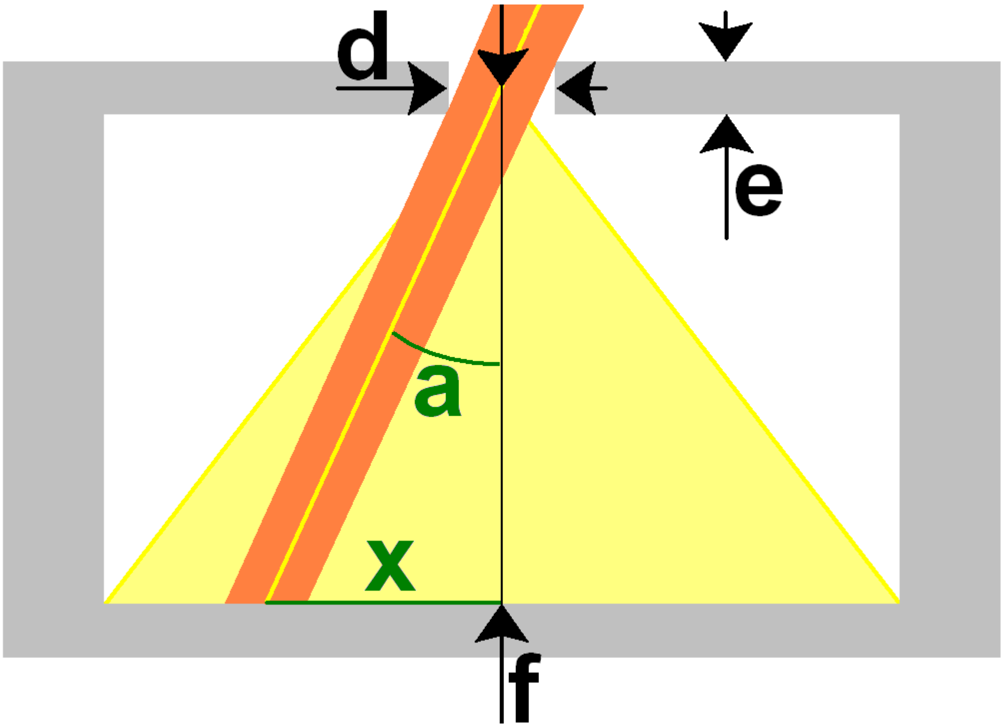
Les fabricants d'optiques pour appareils photographiques garantissent (dépendant de la formule optique adoptée) un cône à l'intérieur duquel on peut considérer que les aberrations des images sont suffisamment bien corrigées et la transmission de la lumière suffisamment uniforme. Dans le plan de l'image, ce cône dessine un cercle appelé cercle d'image. On constate qu'à l'intérieur de ce cercle, on observe une image assez uniformément claire et précise mais qu'à l'extérieur, elle s'assombrit rapidement (et perd parfois aussi en netteté).

Les appareils photographiques à sténopé n'ont pas d'optique ; au lieu de cela, l'image est dessinée par la lumière passant par un trou minuscule appelé “sténopé” (du grec “stenos” petit et “ops” oeil) percé dans une membrane opaque encore plus fine (valeurs typiques – diamètre du sténopé : 0,3mm – épaisseur de la membrane : 0,01mm).

Contrairement aux objectifs, les sténopés n'ont pas de cercle d'image nettement défini : l'image s'assombrit très progressivement en s'éloignant de l'axe de prise de vue (plus exactement, de l'axe du sténopé, perpendiculaire à la membrane dans laquelle il est percé).

Ayant principalement construit des appareils à sténopé “anamorphiques”, qui recueillent des images très en dehors de l'axe du sténopé, je me suis intéressé à comparer la façon dont ces images s'assombrissent par rapport aux appareils à sténopé “classiques” dans lesquels l'image est recueillie dans l'axe du sténopé sur une surface sensible perpendiculaire à cet axe... suivant la conception classique de la “camera obscura”. J'ai donc élaboré deux modèles mathématiques de cet assombrissement progressif, pour les appareils à sténopé classiques et pour les appareils anamorphiques.

1a/ Modèle du vignettage des appareils classiques



Ce premier modèle considère une membrane d'épaisseur e percée d'un petit trou circulaire de diamètre d, et à la distance f de ce sténopé suivant son axe, une surface sensible plane parallèle à la membrane (et donc perpendiculaire à l'axe du sténopé).

L'angle d'incidence de la lumière provenant d'un point lumineux à l'infini (très loin par rapport au diamètre du sténopé) est repéré par rapport à l'axe, mais on considérera aussi (et de préférence) la distance x de l'image de ce point au “centre” de la surface sensible (qui est l'intersection de l'axe du sténopé avec ce plan).

Comme la source ponctuelle est très loin, mais que le sténopé n'a pas un diamètre nul, ce n'est pas un rayon lumineux idéal qui le traverse, mais un très étroit faisceau lumineux qu'on pourra considérer cylindrique. Quand il ne traverse pas le sténopé suivant son axe mais suivant un angle d'incidence a, ce faisceau cylindrique n'est pas circulaire mais pincé suivant une ellipse et donc de surface réduite d'un premier facteur cos(a).

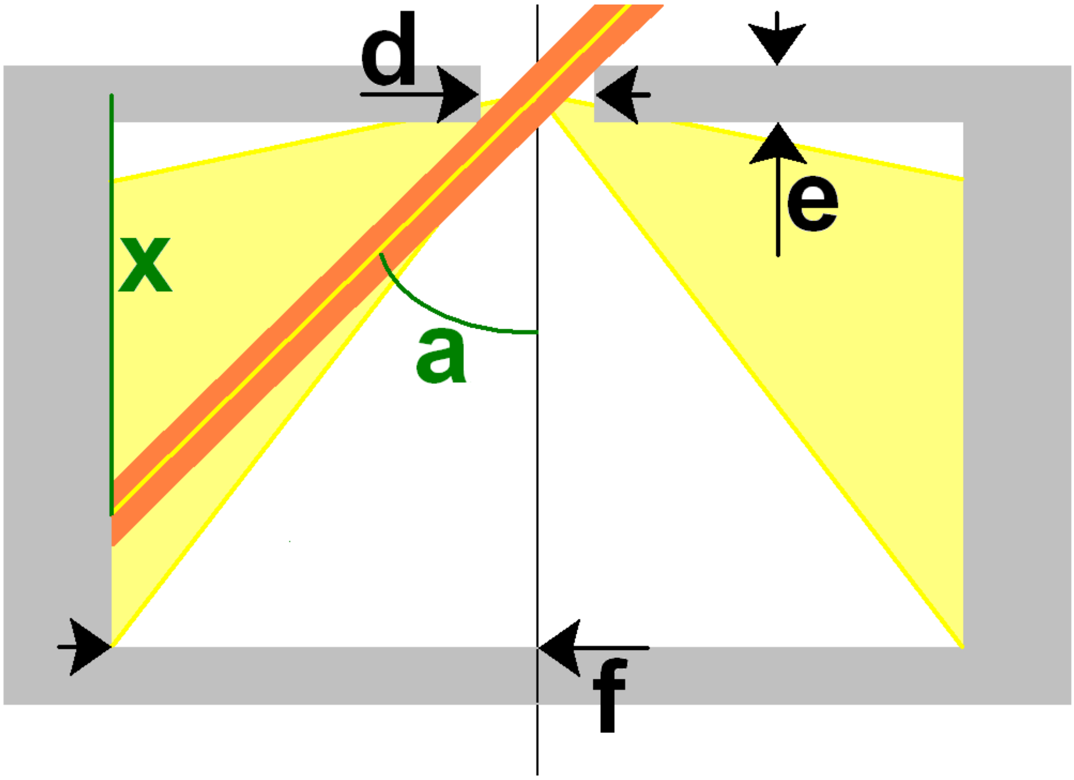
Mais ce n'est pas la seule cause d'assombrissement de l'image.

Pour poursuivre rigoureusement la démonstration, il faut considérer que le point lumineux fait partie d'une petite source étendue (par exemple le Soleil ou la Lune, qui vus de la Terre ont un diamètre apparent d'environ ½ degré). A la distance f du sténopé leur image a une certaine luminosité, mais si cette source n'est pas dans l'axe, elle est projetée à une distance supérieure, elle est donc plus grande et moins lumineuse encore : d'un deuxième facteur d'assombrissement $\cos^2(a)$.

Enfin, il faut tenir compte du fait que le plan de la surface sensible n'est pas perpendiculaire au faisceau de lumière qui y arrive ce qui ajoute un dernier facteur d'assombrissement cos(a).

En combinant ces trois facteurs, on estime qu'en s'éloignant de l'axe du sténopé l'image s'assombrit d'un facteur cos(a) à la puissance 4, ce qui conduit par exemple à la perte de 2ev entre le centre de l'image et le cercle des rayons incidents à 45° (ce résultat est bien connu).

1b/ Modèle du vignettage des appareils anamorphiques



Ce type d'appareil forme la surface sensible suivant un cylindre dont l'axe est confondu avec celui du sténopé. Ce ne sont donc que des rayons lumineux inclinés qui l'impressionnent.

Pour les appareils à sténopé classiques, c'était facile, on pouvait exprimer l'assombrissement par rapport au centre de la surface sensible (dans l'axe du sténopé). Eh bien, faisons par la pensée de même pour les appareils anamorphiques (étant entendu que dans l'axe du sténopé, il n'y a en réalité pas de surface sensible).

On peut reprendre les mêmes notations que pour le modèle des appareils classiques : d est le diamètre du sténopé, e l'épaisseur de la membrane, f pour cette fois sera le rayon du cylindre formant la surface sensible, et aussi la distance du sténopé au point à la distance f sur son axe, qui fait office de référence ; a étant l'angle d'incidence des rayons lumineux formant une image en un point de la surface sensible distant de x du plan de la membrane où est percé le sténopé.

Reprenant les trois facteurs d'assombrissement, on voit qu'il n'y a rien de changé pour le premier : du fait du pincement en ellipse des faisceaux lumineux il vaut toujours cos(a). Mais le deuxième, causé par l'allongement de la distance du sténopé à la surface sensible vaut $\sin^2(a)$. Et comme la surface sensible n'est plus parallèle au plan de la membrane, mais à l'axe du sténopé, le troisième facteur vaut sin(a).

Et en combinant ces trois facteurs, on estime qu'à l'incidence a par rapport à l'axe du sténopé, l'image s'assombrit d'un facteur sin(a) à la puissance 3 que multiplie cos(a).

Il est clair que la fonction cos(a) à la puissance 4, de même que la fonction cos(a) prend une valeur maximale pour a = 0, c'est à dire dans l'axe du sténopé. Mais il n'en est pas de même pour la fonction $\sin^3(a)\cos(a)$ dont il faut étudier la dérivée pour conclure : on montre que le maximum de cette fonction vaut 0,325 pour un angle d'incidence de 60°.

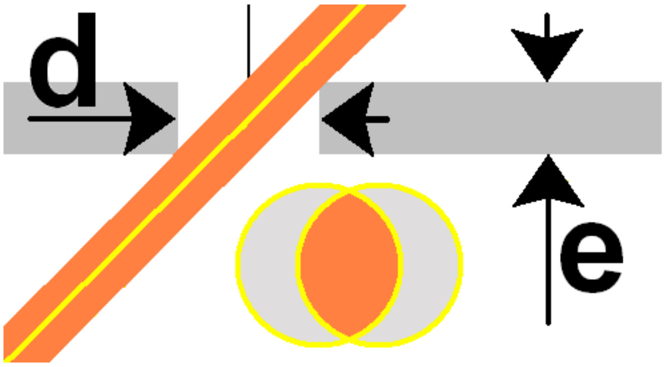
En prenant comme dans le cas du modèle des appareils classiques le log base 2 de cette valeur, on constate que ce maximum est déjà assombri de 1,623ev par rapport au point de référence hypothétique dans l'axe du sténopé.

Autre fait remarquable, à une incidence de 45° on trouve 2ev d'assombrissement comme dans le cas du modèle des appareils à sténopé classiques.

Il est par conséquent évident que le “diaphragme” apparent du sténopé d'un appareil anamorphique est nettement plus fermé que celui d'un appareil classique : d'un peu plus de 1,5 “diaphs” !!! mais que les variations de l'assombrissement – et donc le vignettage – semblent être plus contenues.

1c/ Prise en compte de l'épaisseur de la membrane

Mais encore : ces premières considérations n'ont pas pris en compte l'influence de l'épaisseur de la membrane quand elle n'est pas négligeable devant le diamètre du sténopé. J'ai bien mis ce paramètre e sur la figure mais je ne l'ai pas utilisé !? Son influence est d'accroître le pincement des faisceaux lumineux inclinés jusqu'à les éteindre complètement aux incidences les plus rasantes. Le facteur correcteur est assez difficile à établir, faites donc confiance au savant fou !



Tout se passe comme si le contour du trou sur la face supérieure de la membrane et celui sur la face inférieure étaient décalés l'un par rapport à l'autre, d'autant plus que l'angle d'incidence a est plus grand, donc la lumière plus rasante. On trouve donc que la superficie du trou au lieu de valoir $\pi\, d^2/4$ vaut :

$$S(a) = \frac{1}{2}\left(d^2\, arccos(e\, tg(a)/d) - e\, d\, tg(a)\sqrt{1-(e\, tg(a)/d)^2}\right)$$

Bouffre !

On vérifie que pour a = 0 ou pour e = 0 cette formule donne $\pi\, d^2/4$, c'est rassurant, ouf ! A noter aussi que ce résultat n'est positif et donc valable qu'à la condition que $tg(a) < d/e$: car un résultat négatif signifierait que la lumière est trop rasante et qu'elle est complètement obturée par l'épaisseur de la membrane.

1d/ Paramétrage en fonction de la position d'un point de l'image

Il reste une petite chose à faire pour rendre ces formules vraiment sympathiques : y remplacer toutes les références à l'angle d'incidence a par des références à la position x d'un point de l'image sur la surface sensible.

C'est facile, il suffit de remarquer que tg(a) peut être remplacé par x/f dans le cas des appareils classiques et par f/x dans le cas des appareils anamorphiques, et aussi que :

$\cos^2(a)$ peut être remplacé dans le cas des appareils classiques par : $1 / (1 + tg^2(a))$

$\sin^2(a)$ peut être remplacé dans le cas des appareils anamorphique par : $1 / (1 + 1/tg^2(a))$

ce qui revient très sympathiquement à la même fonction de x/f : $1 / (1 + (x/f)^2)$

et enfin que sin(a) cos(a) vaut : $1 / (tg(a) + 1/tg(a)) = 1 / (x/f + f/x)$

Sans se tromper dans des calculs certes assez laborieux on trouve alors finalement les formules de l'assombrissement en fonction de x,

dans le cas des appareils à sténopé classiques :

$$\frac{2}{\pi}\,\frac{\arccos(e\boldsymbol{x}/fd) - (e\boldsymbol{x}/fd)\sqrt{1-(e\,\boldsymbol{x}/fd)^2}}{(1+\ (\boldsymbol{x}/f)^2)^2}$$

et dans le cas des appareils à sténopé anamorphiques :

$$\frac{2}{\pi}\,\frac{\arccos(ef/\boldsymbol{x}d) - (ef/\boldsymbol{x}d)\sqrt{1-(ef/\boldsymbol{x}d)^2}}{(1+(\boldsymbol{x}/f)^2)(\boldsymbol{x}/f+f/\boldsymbol{x})}$$

formules dont “il suffit” de “prendre le logarithme base deux” pour obtenir des EV (les diaphs (!) de différence entre l'éclairement du centre de l'image et l'éclairement à distance x).

Les sténopés n'ont donc pas de cercle d'image...

2/ ... seulement des cercles de confusion.

La grande angoisse des sténopistes est de trouver le diamètre “optimal” de leur sténopé.

D'après la loi fondamentale de l'optique géométrique, suivant laquelle la lumière se propage dans un milieu transparent homogène suivant des droites (eh oui !), chaque faisceau lumineux provenant d'une source ponctuelle et traversant le sténopé dessine sur la surface sensible une petite tache dont les dimensions et la forme dépendent de la section du sténopé, de l'angle d'incidence de la lumière qui le traverse et de la distance à laquelle et de l'angle suivant lequel elle tombe sur la surface sensible.

2a/ “Cercle” de confusion géométrique dans le cas d'un appareil à sténopé classique

Soit un appareil à sténopé classique, où la membrane dans laquelle le sténopé est percé et la surface sensible sont parallèles ; si le sténopé est un petit trou circulaire de diamètre d et si l'épaisseur e de la membrane est négligeable relativement à d, chaque petite tache image d'une source ponctuelle est un petit cercle de diamètre d . Et l'image d'une source étendue a une taille proportionnelle à la distance f entre le sténopé et la surface sensible, dans laquelle les petits cercles “se confusionnent” plus ou moins ; et c'est pour cela qu'on les appelle des “cercles de confusion”.

On obtient donc une image plus ou moins grande suivant f mais toujours avec la même résolution dépendant de d . On a donc apparemment intérêt à diminuer le diamètre d et à augmenter la distance f pour obtenir des images plus détaillées.

Plus précisément, comme dans les modèles de vignettage, il faut tenir compte de l'angle d'incidence et de l'épaisseur de la membrane, mais cette fois non plus globalement – pour la superficie apparente du sténopé – mais séparément – pour ses deux dimensions apparentes : “radiale” (suivant la direction allant du centre de l'image sur l'axe du sténopé vers un point à distance x – ou sous une incidence a) et “tangentielle” (suivant la direction perpendiculaire, c'est à dire en fait suivant la tangente au cercle de rayon x). Car les “taches” de confusion ne sont plus des cercles mais adoptent la forme pincée montrée sur la troisième figure ci-dessus.

Le savant fou trouve comme dimension radiale de la tache de confusion géométrique :

$$d_{gr} = d(1 - e\boldsymbol{x}/fd)$$

et comme dimension tangentielle :

$$d_{gt} = d\sqrt{1 - (e\boldsymbol{x}/fd)^2}$$

mais bien sûr comme on l'a déjà mentionné, à la condition que x/f < d/e , sinon il y a extinction complète des faisceaux lumineux.

Ces formules semblent prouver que les dimensions des taches de confusion ont une légère tendance à diminuer quand l'incidence augmente. Hélas, ce n'est pas si simple.

2b/ “Cercle” de confusion diffractive dans le cas d'un appareil à sténopé classique

En effet, quand elle passe à travers des trous très petits, la lumière se rappelle son caractère ondulatoire et nous fait la méchante farce de s'étaler par diffraction.

Le savant fou vous fait grâce des calculs très compliqués pour vous donner la formule simple qui est utilisée dans tous les calculateurs du diamètre optimal des sténopés.

Pour un sténopé de diamètre d, à distance f de la surface sensible, l'étalement d'un rayon lumineux par diffraction a un diamètre d_d , inversement proportionnel à d et aussi fonction de la longueur d'onde w de la lumière :

$$d_d = Kwf/d$$

K est une “constante” dont on dispute la valeur entre 2 et 4 (ce qui n'a qu'une importance relative puisqu'entre le rouge et le violet, w prend également des valeurs variant du simple au double).

Les calculateurs de diamètre optimal des sténopés ne font rien de plus que d'égaler d et d_d, ce qui revient à poser que pour le diamètre optimal d'un sténopé, la confusion géométrique doit être du même ordre de grandeur que la diffraction. Ils trouvent ainsi que le diamètre optimal d_o vaut :

$$d_0 = \sqrt{Kwf}$$

Mais naturellement, tout cela n'est valable qu'à incidence nulle, dans l'axe du sténopé. Car pour toute autre incidence, il faut tenir compte de la forme apparente du sténopé vu depuis le point de l'image à la distance x de son axe. Le savant fou ne l'est pas au point de se farcir des calculs rigoureux pour trouver les formes exactes des taches de diffraction, il réutilise de façon heuristique les résultats déjà établis sur les dimensions apparentes radiale et tangentielle et l'ovalisation ; ce modèle donne donc seulement une estimation approchée mais suffisante de la dimension radiale de la tache de confusion diffractive :

$$d_{dr} = \frac{K\,w\,f}{d}\frac{(1+(\boldsymbol{x}/f)^2)\sqrt{1+(\boldsymbol{x}/f)^2}}{1-e\boldsymbol{x}/fd}$$

et de sa dimension tangentielle :

$$d_{dt} = \frac{Kwf}{d}\frac{\sqrt{1+(\boldsymbol{x}/f)^2}}{\sqrt{1-(e\boldsymbol{x}/fd)^2}}$$

En tant que telles, ces formules peuvent tout de même encore sembler barbares, mais les outils JavaScript que je présente à la fin de l'article permettent de comparer l'importance relative des quatres dimensions de confusion en jouant sur les paramètres f , e , w et d grâce à des réglettes.

On peut donc optimiser beaucoup mieux le dimensionnement des sténopés qu'avec les outils classiques (qui n'implémentent que la formule simple pour d_o donnée plus haut – valable seulement dans l'axe du sténopé), surtout dans le cas de réalisations “extrémistes” comme les appareils super-grand-angulaires, panoramiques ou anamorphiques.

Justement, revenons-y aux appareils anamorphiques :

Tout d'abord, il est à noter que les directions suivant lesquelles on repère les deux dimensions des taches de confusion (géométriques et diffractives) ne sont pas les mêmes que dans le cas des appreils classiques :

- le “radial” des appareils classiques est en fait dirigé suivant la “verticale” du panorama anamorphique, c'est à dire suivant la plus petite dimension du cadre,
- le “tangentiel” quant à lui est dirigé suivant l' “horizontale” du panorama anamorphique, c'est à dire suivant la plus grande dimension du cadre.

Cela dit, les formules se ressemblent beaucoup, sauf qu'il faut tenir compte du fait que le plan du sténopé est non plus parallèle au plan de l'image, mais perpendiculaire au plan tangent au cylindre qui porte l'image en tout point de celle-ci : ce qui échange en particulier x et f dans les expressions on l'on trouve aussi e et d (et seulement dans celles-là).

Rappelons enfin que x est ici la distance **du point considéré de l'image au plan de la membrane** dans laquelle est percé le sténopé. Donnons plus laconiquement les résultats :

2c/ “Cercle” de confusion géométrique dans le cas d'un appareil à sténopé anamorphique

Le savant fou trouve comme dimension verticale de la tache de confusion géométrique :

$$d_{gv} = d(\boldsymbol{x}/f)(1-ef/\boldsymbol{x}d)$$

et comme dimension horizontale :

$$d_{gh} = d\sqrt{1-(ef/\boldsymbol{x}d)^2}$$

2d/ “Cercle” de confusion diffractive dans le cas d'un appareil à sténopé anamorphique

Et voici aussi l'estimation approchée mais suffisante de la dimension verticale de la tache de confusion diffractive :

$$d_{dv} = \frac{Kwf}{d} \frac{(\boldsymbol{x}/f + f/\boldsymbol{x})\sqrt{1 + (\boldsymbol{x}/f)^2}}{1 - ed/\boldsymbol{x}d}$$

et de sa dimension horizontale :

$$d_{dh} = \frac{Kwf}{d} \frac{\sqrt{1 + (x/f)^2}}{\sqrt{1 - (ef/xd)^2}}$$

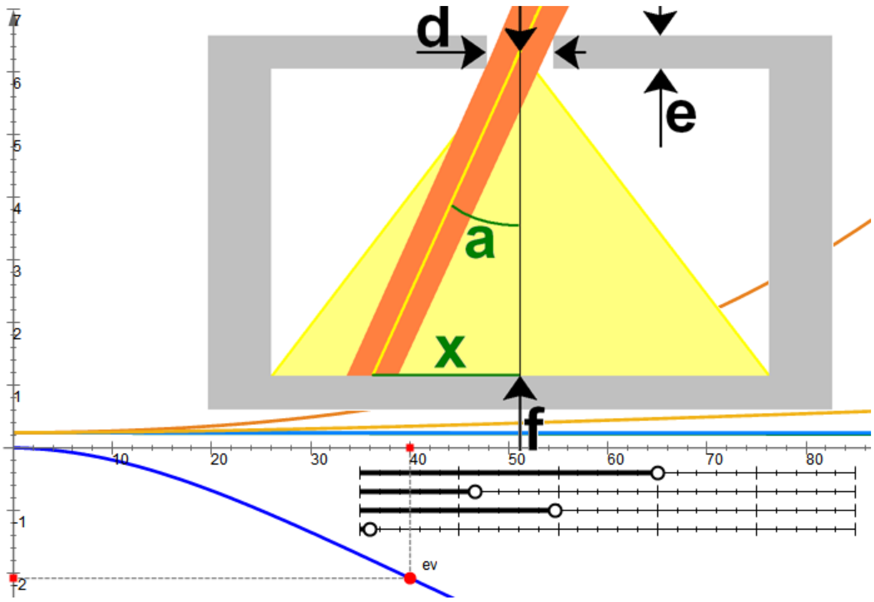
à noter bien sûr comme auparavant, tout cela n'est valable qu'à la condition que x/f > e/d , sinon il y a extinction complète des faisceaux lumineux.

Et voilà, c'est tout ! Ce n'était pas plus compliqué que cela. En fait, c'est même une approche très simplifiée – surtout dans l'analyse du phénomène de diffraction ; car il fallait trouver des formules utilisables avec ces outils de programmation relativement rudimentaires et peu performants que sont les interpréteurs javaScript.

3/ Place aux travaux pratiques et aux “outils” !

Ces deux outils présentent exactement le même aspect : ils montrent des courbes fonctions de x suivant un axe horizontal. Au dessus de cet axe il y a quatre courbes de couleur différentes montrant comment varient en fonction de x les dimensions radiales (resp. verticales) et tangentielles (resp. horizontales) des taches de confusion géométriques et diffractives. En dessous de l'axe, une courbe unique montre en fonction de x comment l'image s'assombrit. Les quatres courbes des “confusions” sont repérés suivant un axe gradué en mm (millimètres) et la courbe de “vignettage” l'est en EV (exposure value, ou – en français – IL : indice de lumination).

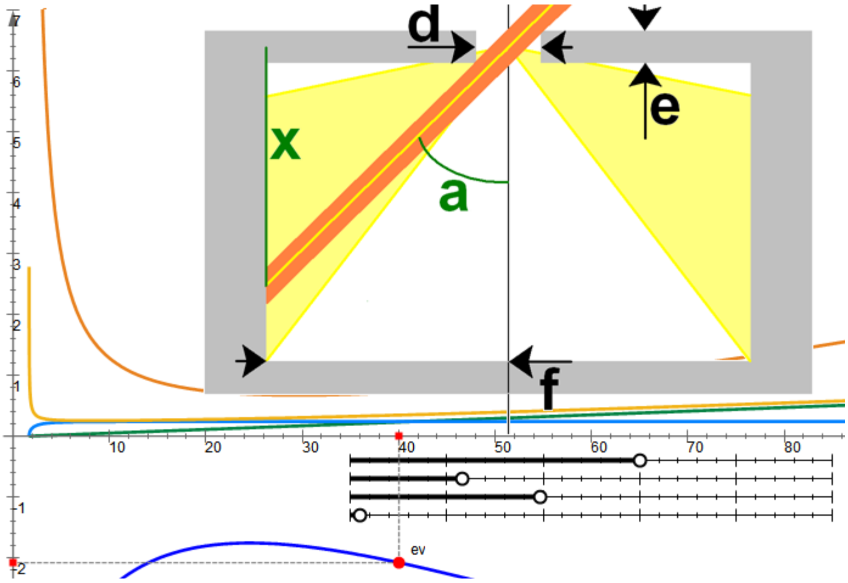
3a/ Outil de simulation des appareils à sténopé classiques



http://www.galerie-photo.com/stenope-classiques.htm

Pour cet outil, x représente sur la surface du film la distance (en mm) d'un point dans n'importe quelle direction par rapport au “centre” de l'image, qui est le point du film à la perpendiculaire du sténopé. Et la “focale” f (en mm) est la distance entre ce point “centre” de l'image et le sténopé.

3b/ Outil de simulation des appareils à sténopé anamorphiques



http://www.galerie-photo.com/stenope-anamorphiques.htm

Dans ces appareils, le film est déroulé à l'intérieur d'un cylindre de rayon f (en mm) et le sténopé est percé au centre de son “couvercle”. Pour ce deuxième outil de simulation, x (en mm) est la distance “normale” d'un point de la pellicule au couvercle et f (en mm), le rayon du cylindre.

Les valeurs initiales des deux outils/modèles considèrent une “focale” f de 40mm et un diamètre du sténopé “optimisé” suivant la formule “agréée”, qu'on peut utiliser pour commencer avec confiance.

Cercle d'image, cercles de confusion : deux études de cas

1/ Le sténopé anamorphique ExaktPOLKa

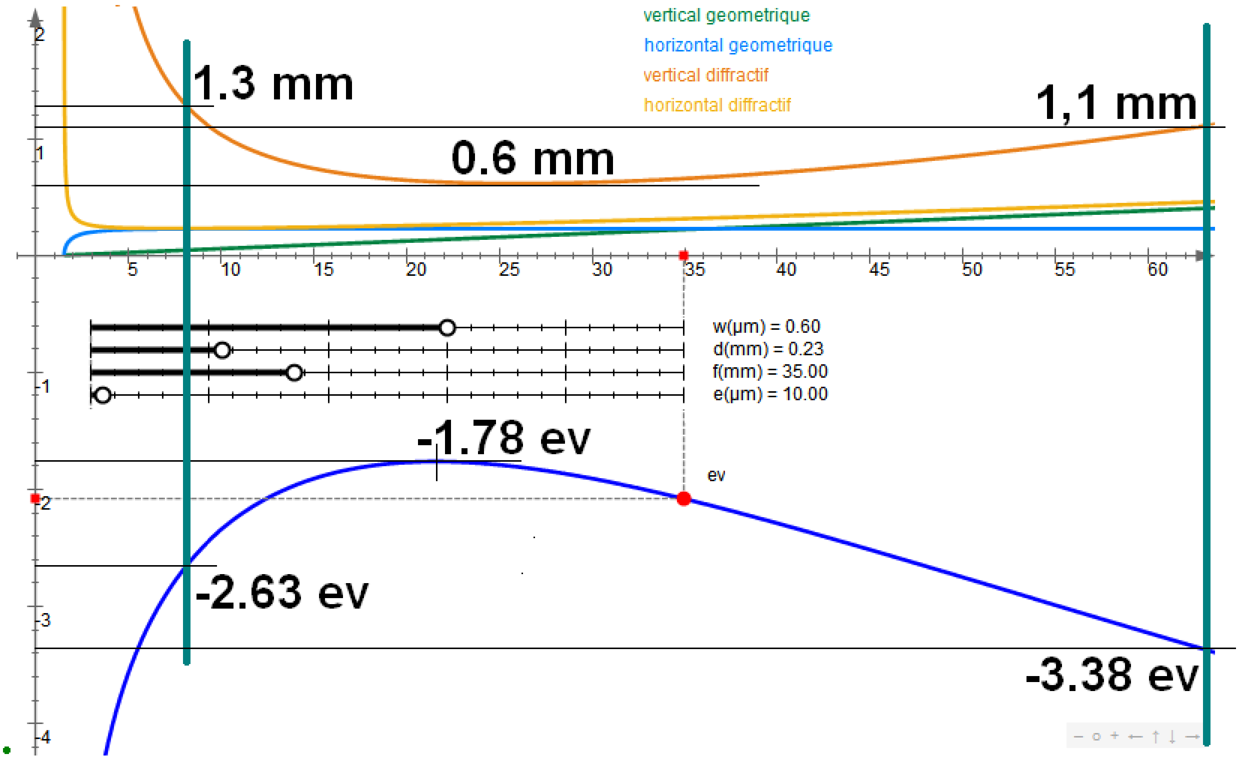
Le cylindre qui met en forme la pellicule a un rayon f = 35mm et la fenêtre d'exposition pour des rollfilms 120 va de x = 8mm (incidences les plus rasantes) à x = 63mm, offrant donc à l'image une hauteur de 55mm (sur un rollfilm 120, c'est presque le format 6x18 classique des panoramiques). Ces limites sont marquées sur les figures ci-dessous par deux traits épais bleu-vert.

Les deux simulations ci-dessous considèrent dans une même membrane de e = 0,01mm (de l'alu. d'emballage par exemple) deux diamètres de sténopé : d = 0,23mm et d = 0,32mm.

Sur les courbes d'assombrissement on constate que dans les deux cas par rapport au maximum, du côté des incidences rasantes on perd moins de 1ev, et de l'autre côté à peine plus de 1,5ev, ce qui constitue un vignettage somme toute modéré (qui permet d'envisager de la diapo avec ces appareils)

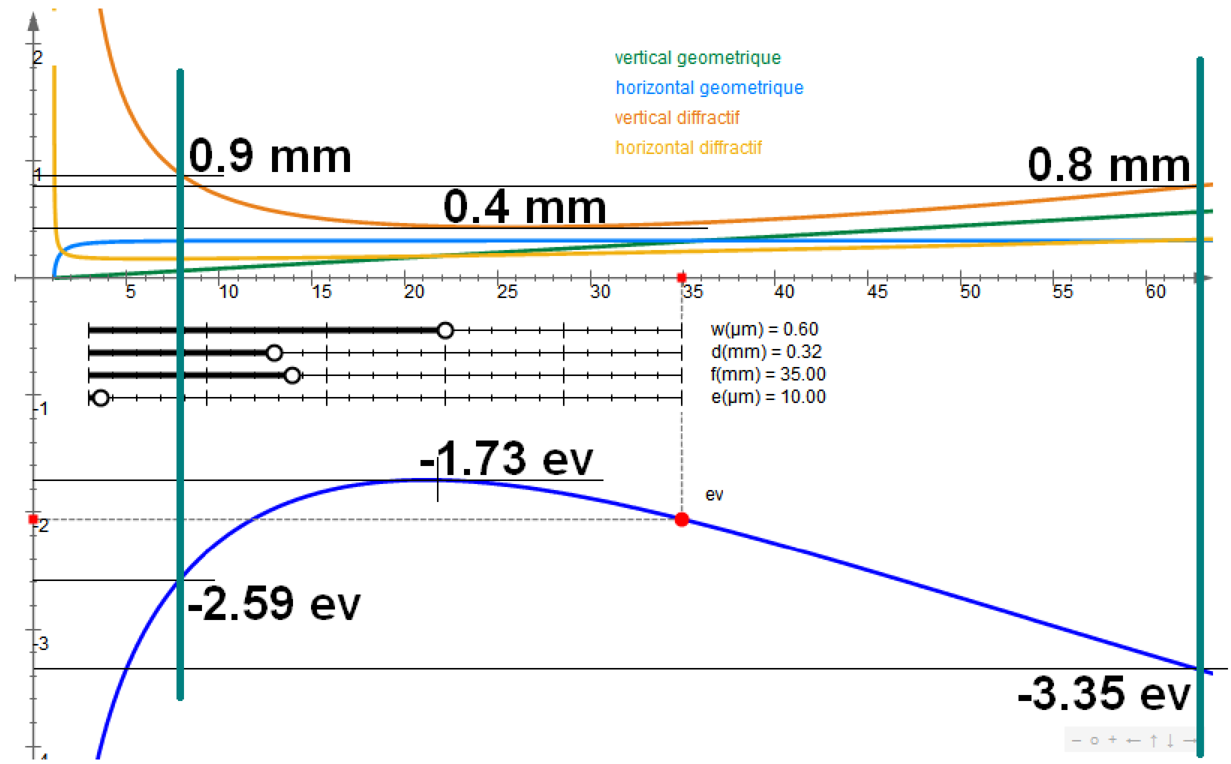
Sur les courbes des confusions, on constate que le flou est dominé, surtout aux grands bords de l'image, par la diffraction verticale ; mais nettement moins quand on agrandit le sténopé en faisant passer son diamètre de 0,23mm (donné comme optimal par les calculateurs) à 0,32mm. J'ai adopté sur mes POLKa des sténopés d'environ 0,25mm de diamètre car je considère que le flou perceptible aux deux grands bords des images n'est pas subjectivement trop génant, car il affecte principalement une seule direction (les verticales).

confusions en mm



assombrissement en EV

confusions en mm



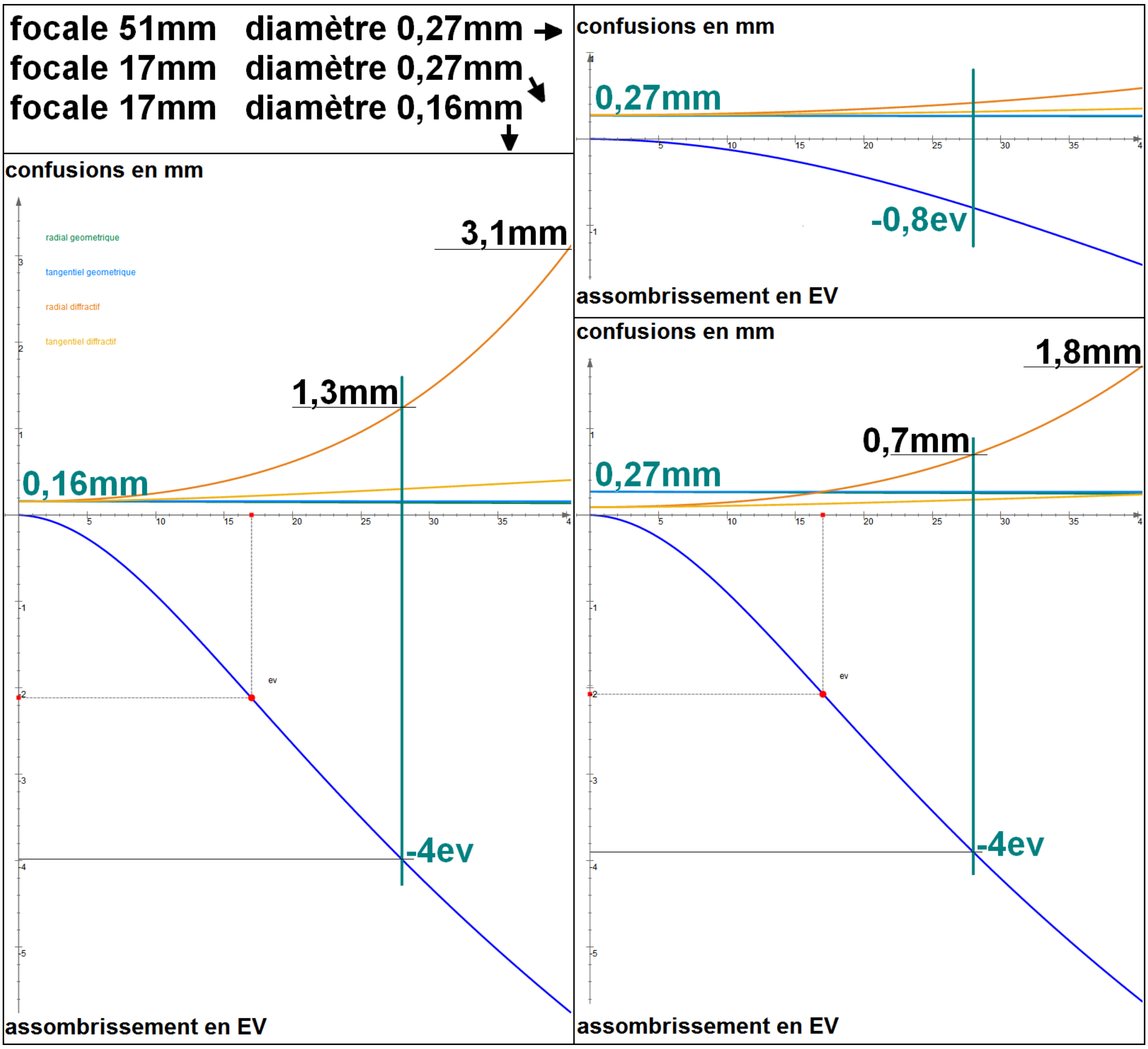
assombrissement en EV

2/ Un classique sténopé grand angle... mais avec un zoom.

Pour faire un appareil à sténopé muni d'un zoom, rien de plus simple, il suffit de faire varier la distance entre le sténopé et la pellicule, en interposant un soufflet. Le problème qui se pose, c'est : quand on change la focale, est-ce que le diamètre du sténopé reste “optimal” ? Les calculateurs de sténopé optimal du web disent que non, mais voyons cela de plus près...

Imaginons qu'on colle devant un magasin Hasselblad (ou Kiev, la qualité suédoise n'est pas indispensable) un soufflet et un sténopé. Le magasin permet de faire des photos 6x6, plus exactement, il découvre une fenêtre d'image de 56x56mm. Posons que le soufflet permet de faire varier la focale entre 17mm (très grand angle) et 51mm (modérément grand angle). Et jouons avec notre outil pour trouver le bon diamètre...

A la focale de 51mm, les calculateurs de sténopés optimaux nous donnent un diamètre de 0,27mm
A la focale de 17mm, les calculateurs de sténopés optimaux nous donnent un diamètre de 0,16mm
Deux diamètres “optimaux” très différents. Voyons ce qu'il en est :



D'abord, notons que les bords de l'image sont à 28mm du centre et les coins à 40mm ; on ne regarde donc les courbes que pour x compris entre 0 et 40mm, et j'ai aussi tracé sur les courbes des traits verticaux à 28mm pour marquer les bords de l'image.

J'ai fait tourner mon outil pour regarder ce qui se passait à la focale de 51mm pour le trou de 0,27mm. La résolution au centre est de l'ordre de 0,27mm pour les quatre confusions (ce qui est normal, puisque ce diamètre est optimal pour cette focale). Elle ne se dégrade pas sensiblement, et même dans les coins, seul le flou diffractif radial a doublé. Le vignettage aux bords est de -0,8ev et dans les coins de moins de -1,5ev. C'est bien !

Ensuite, j'ai fait tourner mon outil pour comparer ce qui se passait à la focale de 17mm, pour un trou de 0,16mm soi-disant optimal à cette focale, et le trou de tout à l'heure de 0,27mm.

Le résultat est éloquent : Dans les deux cas, aux bords de l'image on perd en gros 4ev et dans les coins presque 6ev, ce qui représente un vignettage considérable ! Mais peut-être encore maîtrisable par certaines pellicules (oubliez les diapos !). En revanche, au niveau du piqué, grosse déception : évidemment au centre de l'image, le trou de 0,16mm donne de meilleurs résultats (puisqu'il est “optimal”), mais voyez combien la diffraction (surtout radiale) dégrade la situation aux bords et dans les coins ! Si on aime, ça va, mais si on n'aime pas, il faut bien avouer que de garder le trou de 0,27mm – optimal pour la focale de 51mm – n'est pas une si mauvaise idée, et que même au centre, son piqué reste correct (0,27mm à la focale de 17mm comme à celle de 51mm).

Conclusion

En plus de permettre de dimensionner à l'avance “le sténopé idéal”, ces outils donnent à comprendre “ce qui se passe” sur toute la surface sensible, et donc de se rendre plus familier avec ce qu'on peut voir sur des images prises avec des appareils à sténopé un peu extrémistes (super-grand-angle ou anamorphique)...

La deuxième étude de cas nous laisse entrevoir qu'il peut être tout aussi délicat de choisir le “bon” sténopé pour un projet donné que la “bonne” optique pour son rendu dans un appareil photo classique. En particulier, les projets d'appareils grand-angle ne devraient pas utiliser bêtement les outils de dimensionnement optimal qu'on trouve ici ou là ; en tous cas, pas en se référant à la (distance du sténopé à la pellicule) soi-disant focale !

Je proposerais plutôt une méthode qui utilise la demi-diagonale de l'image comme point de départ.

Dans un premier projet, il faudrait essayer en vrai plusieurs diamètres et noter pour chacun d'eux en se servant de mon outil le rapport entre la résolution au centre de l'image et celles aux bords aux coins. Pour le sténopé dont on préfère les images, on mémorise ces rapports.

Par la suite – en commençant avec le sténopé donné par la demi-diagonale – on chercherait avec mon outil à retrouver ces mêmes rapports. Mais on peut compliquer, en donnant aussi de l'influence au vignettage. Ou alors, on ne calcule rien, on est là pour s'amuser...

Paul KOPFF ***Clamart, le 30 Aout 2012***