



Passages du net au flou

**Transitions from Sharp
to Blurry Focus**

Pascal Martin

Éditorialisation/content curation
Simone Beaudry-Pilotte

Traduction/translation
Timothy Barnard

Référence bibliographique/bibliographic reference
Martin, Pascal. *Passages du net au flou / Transitions from Sharp to Blurry Focus*. Montréal: CinéMédias, 2023, collection «Encyclopédie raisonnée des techniques du cinéma», sous la direction d'André Gaudreault, Laurent Le Forestier et Gilles Mouëllic. <https://doi.org/10.62212/1866/32870>

Dépôt légal/legal deposit
Bibliothèque et Archives nationales du Québec,
Bibliothèque et Archives Canada/Library and Archives Canada, 2023
ISBN 978-2-925376-09-5 (PDF)

Appui financier du CRSH/SSHRC support
Ce projet s'appuie sur des recherches financées par le
Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

This project draws on research supported by the
Social Sciences and Humanities Research Council of Canada.

Mention de droits pour les textes/copyright for texts
© CinéMédias, 2023. Certains droits réservés/some rights reserved.
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International



Image d'accroche/header image

Capture d'écran de *Trois couleurs : Bleu* (Krzysztof Kieślowski, 1994). [Voir la fiche](#).

Screenshot from *Trois couleurs : Bleu* (Krzysztof Kieślowski, 1994). [See database entry](#).

Base de données TECHNÈS/TECHNÈS database

Une base de données documentaire recensant tous les contenus de l'*Encyclopédie* est en [libre accès](#). Des renvois vers la base sont également indiqués pour chaque image intégrée à ce livre.

A documentary database listing all the contents of the *Encyclopedia* is in [open access](#). References to the database are also provided for each image included in this book.

Version web/web version

Cet ouvrage a été initialement publié en 2022 sous la forme d'un [parcours thématique](#) de l'*Encyclopédie raisonnée des techniques du cinéma*.

This work was initially published in 2022 as a [thematic parcours](#) of the *Encyclopedia of Film Techniques and Technologies*.

Table des matières

Table of contents

	Introduction	2
	Introduction	3
Un regard physique sur la mise au point		5
	The Physics of Focus	10
La profondeur de champ		16
	Depth of Field	20
	Cercle de confusion	25
	Circle of Confusion	30
Échelle de flouïté et flounetoscope: deux outils au service de l'image		36
Scale of Blurriness and the Flounetoscope: Two Tools in the Service of the Image		43
	Le flou de discontinuité axiale	51
	Blurriness and Axial Discontinuity	59
Annexe – Les mécanismes de l'accommodation		
Addendum – The Mechanisms of Accommodation		

A blurred, blue-tinted photograph of a person standing in a doorway, possibly in a hallway or office setting. The person is silhouetted against the light coming from the doorway. The background shows architectural details like door frames and wall panels, but they are out of focus.

Introduction

Introduction

Introduction

par Pascal Martin

La profondeur de champ est la zone de netteté qui s'étend devant et derrière le plan de mise au point tel qu'il est défini par les théories s'appuyant sur les lois de l'optique. Si une telle zone n'existait pas, les caméras ne pourraient pas filmer de manière nette des objets en volume et/ou en mouvement, et le cinéma tel qu'on le connaît aujourd'hui n'aurait tout simplement pas pu exister. La profondeur de champ peut être définie comme correspondant à une zone de tolérance où l'œil ne peut pas faire la différence entre le flou et le net. Autrement dit, la profondeur de champ n'est autre qu'un espace flou qui est vu net. La mise au point est donc tout autant un enjeu de perception que de technologies de prise de vues. Dans le cadre de cette publication, les conséquences théoriques et pratiques d'un tel constat seront explorées tant du point de vue des chercheurs que de celui des praticiens. Les enjeux liés aux conditions de la prise de vues seront étudiés en relation avec la mesure de la profondeur de champ et les aspects esthétiques associés à ces variables techniques et perceptives.

Avant tout, notons que la mise au point a une double fonction essentielle au cinéma. D'une part, elle offre *a minima* le confort visuel dont le spectateur a besoin physiologiquement pour voir une image projetée dans de bonnes conditions et, d'autre part, elle est un vecteur sémantique, puisqu'elle contribue à donner du sens à la scène. Son étude permettra de comprendre pourquoi ce que nous voyons sur un écran est parfois difficile à réaliser en pratique. Dans la partie suivante, la profondeur de champ est abordée de façon conventionnelle, c'est-à-dire en présentant les relations mathématiques usuelles qui permettent de comprendre l'incidence des principaux paramètres classiques dont elle dépend. Dans la partie intitulée «Cercle de confusion», une étude plus fine du concept est menée. Elle explique en quoi l'approche classique est réductrice et pour le moins dépassée, à moins qu'on ne renvoie à la notion de cercle de confusion elle-même. La partie intitulée «Échelle de flouïté et flounetoscope: deux outils au service de l'image» illustre le phénomène de continuité entre le flou et le net. Cela conduit à proposer le concept de *flou/net de profondeur*. À partir de ce dernier, deux travaux de recherche seront présentés: *l'échelle de flouïté* et le *flounetoscope*. Le premier donne, dès la prise de vues, des informations sur certaines zones floues de l'image. Le second permet de mesurer et de comparer la façon dont les objectifs restituent le flou. Enfin, nous montrerons qu'en modifiant l'orientation de l'objectif par rapport à la caméra, il est possible d'accentuer des zones floues sur une image, les rendant pour le moins inhabituelles pour un spectateur.

Introduction

by Pascal Martin

Translation: Timothy Barnard

Depth of field is the zone of sharpness stretching in front of and behind the focal plane as defined by theories based on the laws of optics. If such a zone did not exist, movie cameras could not film sharp images of three-dimensional objects and/or of objects in motion, and cinema as it exists today would simply not have been able to exist. Depth of field can be defined as corresponding to a zone of tolerance in which the eye cannot distinguish between sharpness and blurriness. In other words, depth of field is nothing other than a blurry space which is seen as being sharp. Focusing is thus just as much a matter of perception as it is of image recording technology. The theoretical and practical consequences of this fact will be explored here from both a scholarly and a practical point of view. Questions around filming conditions will be examined in relation to measuring depth of field and the aesthetic aspects associated with these technical and perceptive variables.

Most of all, we should note that focus has a two-fold essential function in cinema. On the one hand, it offers at minimum the visual comfort the viewer requires physiologically to see an image projected in good conditions; and on the other hand it is a semantic vector, because it contributes to giving meaning to the scene. Studying it will enable us to understand why what we see on a screen is sometimes difficult to achieve in practice. In the next section, depth of field is taken up in the conventional manner, meaning by showing the usual mathematical relations which make it possible to understand the impact of the principal classical parameters on which depth of field depends. In the section entitled “Circle of Confusion,” the concept is examined from a more fine-grained perspective. This section explains how the classical approach is reductive and at the very least out of date, unless one is referring to the concept of the circle of confusion itself. The section “Scale of Blurriness and the Flounetoscope: Two Tools in the Service of the Image” illustrates the continuity that exists between blurriness and sharpness. From this the author proposes the concept *blurry/sharp depth of field*. Two research projects based on this concept will be presented: the *scale of blurriness* and the *Flounetoscope*. The former, right from the act of filming, provides information on certain blurry zones of the image. The latter makes it possible to measure and compare the way in which camera lenses recreate blurriness. Finally, we will show that by modifying the orientation of the lens *vis-à-vis* the camera, it is possible to accentuate the blurry zones in an image, making them less unusual for the viewer.

A blurred, blue-tinted photograph of a person standing in a doorway, looking towards the camera. The scene is out of focus, with light sources creating bokeh effects.

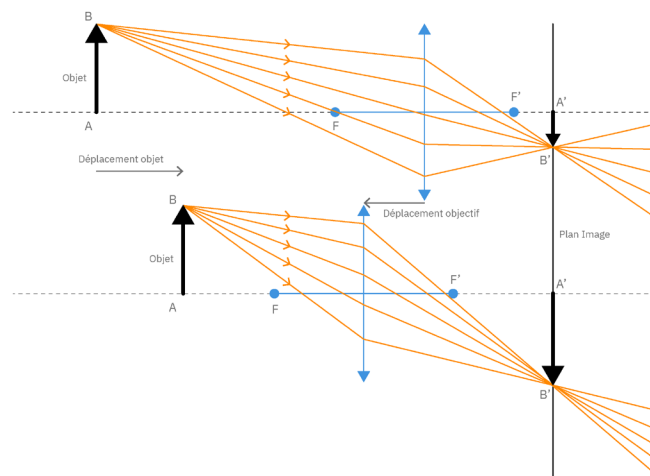
**Un regard physique
sur la mise au point**

The Physics of Focus

Un regard physique sur la mise au point

par Pascal Martin

Depuis les origines de la photographie, la mise au point est une opération nécessaire. Elle participe du fait qu'un objectif ne peut donner naturellement une image nette d'un volume. Ce concept simple à comprendre émane des lois de Descartes (1596-1650), dont une partie dérive des travaux de Kepler (1571-1630) et qui ont été reformulées par Newton (1743-1727). Au cinéma, de par la conjugaison optique, il est entendu qu'un objet se déplace toujours dans le même sens que son image. Autrement dit, si l'objet avance vers la caméra, l'image avance vers le plan du film ou du capteur, qui, lui, reste fixe. Il convient donc, pour conserver la netteté à cet endroit, de déplacer l'objectif en sens inverse (par rapport à une référence fixe qu'est le corps caméra). Ainsi, lorsqu'un objet avance, il faut, pour conserver la mise au point, éloigner l'objectif de la surface sensible et, à l'inverse, rapprocher l'objectif de la surface sensible lorsqu'il s'éloigne.



Principe de la mise au point. [Voir la fiche.](#)

Il existe quelques variantes technologiques, bien que la plupart d'entre elles utilisent le principe de la rampe hélicoïdale afin de garantir une translation stricte des lentilles. L'absence de rotation évite la dérive de l'axe optique et minimise certaines aberrations. La mise au point peut être soit classique – toutes les lentilles qui composent l'objectif sont solidaires et se déplacent en même temps –, soit interne – seul un groupe optique qui peut être situé devant (la plupart des zooms), à l'intérieur ou derrière l'objectif se déplace. Dans ce cas, les avantages sont nombreux : le centre de gravité de l'optique étant moins affecté par le déplacement, ce qui est appréciable sur des téléobjectifs, la précision mécanique est meilleure et permet d'utiliser un système de gravure des distances de mise au point plus fonctionnel pour les opérateurs. Par ailleurs, cela permet de mieux corriger l'effet de légère augmentation ou de diminution du grandissement de l'image, désagréable à l'œil, que l'on nomme couramment « pompage ».

La mise au point requiert une grande précision, et ce, particulièrement au cinéma. Il existe, en amont d'un tournage, une préparation et un contrôle strict qui permettent de garantir, en théorie, que le matériel assurera parfaitement sa fonction. Cette « anticipation » a certes une vocation technique, mais elle est aussi liée à un système de conventions (notamment en France) entre différentes compagnies d'assurances – celle du prestataire qui fournit les caméras et objectifs, et celle de la production qui les loue. Des surcoûts sont régulièrement engendrés par des plans qu'il faut tourner à nouveau en raison d'une mise au point défectueuse. Cette procédure semble pour le moins inhabituelle à ce niveau technologique^[1]. Elle relève en fait d'un constat simple. Les informations relatives aux distances reportées sur l'objectif ou sur le *follow focus* (système d'engrenage qui renvoie son réglage sur une bague annexe verticale) doivent correspondre précisément à celles relatives aux distances où l'objectif est censé faire le point^[2].

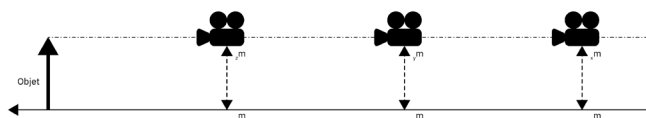


Follow focus. [Voir la fiche.](#)

Afin de permettre une manipulation beaucoup plus simple de la bague de point, un *follow focus* est utilisé. Un disque permet d'inscrire des repères pour, par exemple, des changements de point, ou, en cours de prise, ce que l'on nomme « des bascules de point ». Aujourd'hui, il existe des modèles fonctionnant en HF afin de commander ces réglages à distance (mise au point évidemment, mais également commande du zoom et du diaphragme). Cette tâche est dévolue au premier assistant, et non au cadreur. Il s'agit là d'une particularité propre au cinéma qui témoigne des enjeux et des difficultés de la mise au point, plus particulièrement lorsque éléments, acteurs et caméras sont en mouvement^[3].

L'exemple suivant permet d'illustrer simplement le propos. Un acteur avance dans l'axe vers la caméra ou, inversement, l'acteur est immobile et la caméra effectue un travelling avant vers lui. Dans les deux cas, à chaque nouvelle position, il faudra rétablir la mise au point en la corrélant au déplacement relatif de l'un ou l'autre des éléments. Une technique assez ancienne et parfois encore utilisée consiste à faire des marques au sol à des distances données. En passant devant chacune, l'assistant opérateur, c'est-à-dire le pointeur, positionne la bague de repère de point devant l'indication correspondante.

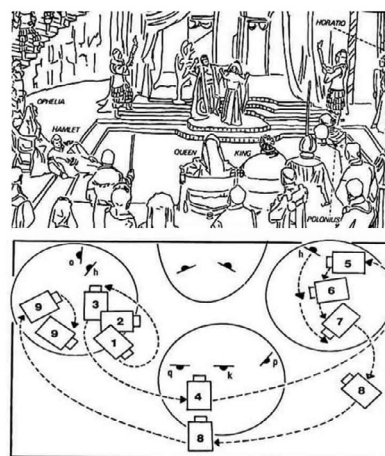
Cette condition nécessaire, mais non suffisante, présuppose une linéarité dans le déplacement. De sorte qu'à une distance $(z_m + y_m)/2$, la mise au point affichée sur l'optique corresponde réellement à $(z_m + y_m)/2$, les à-coups sont à proscrire. À l'aide des systèmes HF *follow focus*, les méthodes de travail changent, les repères au sol sont moins utilisés, mais le principe reste le même. Des outils modernes aident à faire la mise au point, comme le CineTape, qui fonctionne à l'aide d'ultrasons, ou le Preston Light Ranger (on peut assimiler ces dispositifs à des systèmes télémétriques, avec pour le dernier une fonction autofocus^[4]).



Principe d'un suivi de point dans un cas simple. [Voir la fiche.](#)

Ces technologies sont de plus en plus employées, car les capteurs sont devenus de plus en plus grands, et les optiques, de plus en plus définies et lumineuses. Dans ces conditions, la profondeur de champ est excessivement faible, et le point quasiment impossible à réaliser, notamment si la distance est courte. Les suivis et les bascules de point peuvent constituer véritablement un art et ainsi s'écrire comme une partition avec un tempo donné, créant une dimension narrative particulière. Ces éléments présentent une véritable différence avec notre système visuel, où la mise au point est un réflexe quasi immédiat. En effet, la variation d'accommodation s'effectue en 0,3 à 0,6 seconde selon les cas. Dans notre quotidien, ces temps de latence ne sont pas perceptifs. Ainsi, lorsque notre regard se pose aux différents endroits d'une scène, on a systématiquement l'impression que [tous les plans perçus sont nets](#). C'est cette particularité physiologique qui fait croire à beaucoup que notre œil est doté d'une profondeur de champ importante. Cela est évidemment faux. Il suffit de se concentrer sur un crayon placé verticalement devant notre regard à une distance d'environ 50 cm pour constater que tout ce qui est devant, et surtout derrière, est flou.

Structurellement, il est facile d'imaginer que réaliser la mise au point lorsque non seulement l'acteur mais aussi la caméra sont en mouvement est particulièrement difficile, et que, lorsqu'en plus s'ajoutent des mouvements de grue, on en arrive à une situation particulièrement complexe. L'exemple ci-dessous, finement documenté par Daniel Arijon, permet d'illustrer le propos^[5]. Il correspond à la version filmée d'*Hamlet* de Shakespeare par Laurence Olivier (1948). La scène se passe au château pendant la représentation de la pièce, arrangée par Hamlet pour prouver la culpabilité de son beau-père. Le roi et les personnages clés du drame sont répartis en trois groupes. La caméra parcourt le déplacement de 1 à 8, avec, chaque fois, des changements de mise au point.



Une scène du *Hamlet* de Laurence Olivier. Pour chaque position de caméra, il faut accompagner les changements de mise au point. [Voir la fiche.](#)

Celle-ci est donc associée à une notion de rythme, où la coordination de tous les éléments est fondamentale. Un spectateur qui prend place dans une salle de cinéma n'a évidemment pas conscience de cela, il ignore souvent tout de ces mises en place complexes, et on ne peut évidemment pas l'en blâmer. Cependant, pour reprendre la métaphore musicale, il sera davantage sensible à la moindre erreur de point que ne le serait un auditeur non mélomane à une fausse note dans un orchestre.

On assiste alors à un paradoxe, difficile à admettre et parfois injuste : quand le pointeur fait correctement son travail, personne ne le voit; en revanche, tout le monde remarque la moindre erreur. C'est pour beaucoup un travail ingrat. La citation suivante est attribuée à Pierre Granier-Deferre : « En cinéma, j'aurais pu faire tous les métiers sauf un : pointeur. » À ce sujet, il nous a paru intéressant de recueillir, afin d'illustrer ce propos sur le point, un avis tout particulier, celui de Jean-Yves Le Poulain, qui fut pointeur^[6] du grand chef opérateur Pierre Lhomme – dont le nom est associé à *L'armée des ombres* de Jean-Pierre Melville (1969) –, pendant 20 ans, notamment sur *Cyrano de Bergerac* de Jean-Paul Rappeneau (1990) et *Camille Claudel* de Bruno Nuytten (1987), mais également d'Edward Klosinsky sur *Europa* de Lars van Trier (1991). Il travaille aujourd'hui au sein de la société Thales Angénieux afin d'aider les ingénieurs, à partir de sa propre expérience de terrain, à fabriquer de nouvelles optiques. S'il affirme que la première fonction du pointeur est bien entendu de faire en sorte que les images soient nettes, et de gérer tout ce qui concerne les contraintes techniques liées à la caméra pendant la réalisation d'un film, il estime que sa « vraie » fonction est surtout de gérer des choix esthétiques et sémantiques qui doivent être en phase avec ceux de l'opérateur et une interprétation du scénario. Il s'agit, selon Jean-Yves Le Poulain, d'une ponctuation :

C'est un langage à part entière, les choix de mise au point influent sur le montage, voire la continuité de l'attention du spectateur. Il se réfléchit comme étant une articulation entre plusieurs séquences. Laisser par exemple un comédien flou en premier plan avec une voix off en arrière-plan est un choix déterminant du point de vue de la narration. Il s'agit avant tout de s'adresser au spectateur, qui n'est pas un cinéaste et qui n'a pas nécessairement la culture nécessaire, afin de créer chez lui des sensations. Elles doivent être parfaitement contrôlées par l'opérateur, mais repérables de façon inconsciente par le spectateur; c'est là toute la subtilité, ces récurrences servent un propos. Il arrive souvent que le pointeur en discute avec le metteur en scène pour le sensibiliser aux interférences que cela peut avoir avec les débuts de séquence, les articulations. La préoccupation première chez un metteur en scène est de mettre le point là où parle le comédien, mais quand les profondeurs de champs sont trop faibles, il doit obligatoirement être mis au courant, car il faut des choix déterminants^[7].

Cette remarque n'est pas sans rappeler le fameux *focus on the money* qui, en substance, signifiait que, dans le cas où les images de deux comédiens ne pouvaient simultanément être nettes, il suffisait de mettre le point sur celui qui était le mieux payé, c'est-à-dire celui qui attirerait le plus de spectateurs en salle. Une autre solution à cette difficulté consiste à passer de l'un à l'autre. Pour Jean-Yves Le Poulain, « [l]e point n'est pas un choix statique, par le jeu des bascules ou des changements pendant la prise, il devient un vecteur dynamique dans une même prise. Les bascules de points ont un rôle considérable, car on peut jouer des oppositions, c'est-à-dire mettre le point sur un acteur qui ne parle pas, mais dont l'attention est déterminante^[8]. » Si les

choix esthétiques et sémantiques sont prédominants, la dimension purement technique induit parfois des contraintes, notamment en format anamorphique^[9].

La profession a été largement ébranlée avec l'arrivée du numérique et la dématérialisation de l'image. Le passage progressif de la HD au 2K, au 4K, puis maintenant au 6K voire au 8K, oblige à une mise au point beaucoup plus précise. Elle rend encore plus délicate la fonction de pointeur, bien que l'image soit en permanence visible sur un écran de contrôle. Jean-Yves Le Poulain ajoute :

En argentique, l'image est latente, c'est-à-dire qu'elle ne sera visible qu'après le développement. Les opérateurs la découvraient, en général le lendemain de la prise, au moment de la projection des rushes. En numérique, avoir en permanence un écran à ses côtés peut fausser la donne. *A priori*, ces derniers sont censés rassurer, mais c'est souvent trompeur, car il y a une énorme différence entre la visualisation sur un écran HD et dans une salle de cinéma, sur un écran de 20 m de base. Ces images ne se regardent pas de la même manière, le rôle du pointeur en est affecté. En argentique, il fallait imaginer l'image, la supposer sur un grand écran, la construire mentalement. Ce travail ne pouvait se faire qu'après avoir acquis une longue expérience; les jeunes opérateurs prennent maintenant des décisions directement en regardant ce moniteur sur le plateau et n'ont pas le recul nécessaire, car entre ce qui se voit en direct et les résultats projetés généralement après quelques mois, principalement à Cannes, des différences existent et créent des surprises malheureusement irréversibles^[10].

Cette remarque renvoie au fondement même des préoccupations qui nous animent, celles de proposer des outils de médiation entre différents partenaires de création relativement à la profondeur de champ, et plus particulièrement au *flou/net de profondeur*.

[1] Savoir qu'un pilote de ligne vérifie ses instruments de bord avant de décoller est rassurant pour le passager, mais comprendre le travail en amont d'un tournage ne fait pas partie des préoccupations du spectateur.

[2] L'exemple suivant permettra de mieux comprendre le raisonnement. Le second assistant opérateur mesure la distance entre un objet et le plan de référence du capteur. Si cette dernière vaut X, en la reportant sur l'objectif, il faut bien évidemment que la mise au point soit faite à cette valeur X, et non $X \pm \epsilon$, sans quoi l'image (la référence étant souvent prise au niveau des yeux de l'acteur) serait molle, voire floue. C'est pourquoi ce genre de vérification associée à un protocole assez lourd, surtout lorsque l'on tournait en argentique, est souvent nécessaire dans la phase dite des «essais de caméras».

[3] À l'image des systèmes photographiques, la vidéo analogique s'est rapidement vue dotée de systèmes autofocus et, bien évidemment, la vidéo numérique ensuite; peu à peu, ces fonctions ont fait leur entrée dans le monde du *broadcast*. Il est cependant un domaine où l'automatisme de la mise au point n'a pas réussi à s'installer: celui du cinéma. Certes, des aides ont été apportées, du Parvo Debrie à visée directe à travers le film (caméra davantage utilisée pour le cadre que le point) aux systèmes optiques additionnels avec prismes. Ces systèmes ont amélioré le confort des opérateurs, mais sans jamais remplacer une démarche plus pratique qui peut aisément se comprendre.

[4] Une puce électronique peut être par exemple placée dans la veste d'un comédien, de telle sorte que, lorsqu'il bouge, le point est réalisé sur lui.

[5] Daniel Arijon, *Grammaire du langage filmé* (Paris: Éditions Dujarric, 1986), 466-468.

[6] On utilise souvent la terminologie anglaise *focus puller*.

[7] Jean-Yves Le Poulain, propos issus d'un entretien avec l'auteur.

[8] *Ibid.*

[9] Ces objectifs sont destinés à compresser l'image au moment de la prise de vues dans un sens horizontal. Inventés par le professeur Henri Chrétien, ils sont à l'origine du Cinémascope.

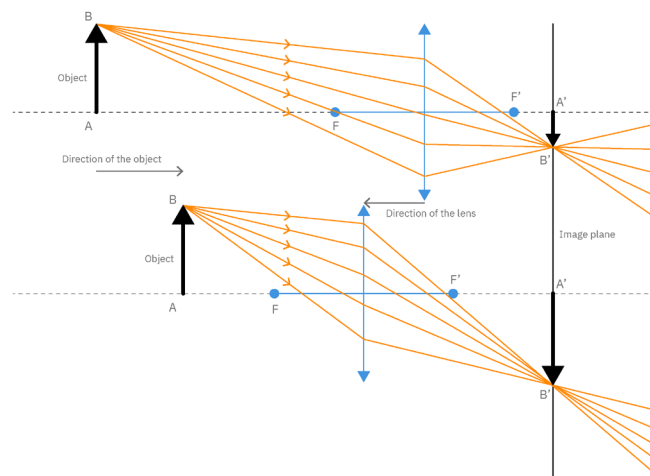
[10] Jean-Yves Le Poulain, propos issus d'un entretien avec l'auteur.

The Physics of Focus

by Pascal Martin

Translation: Timothy Barnard

Focusing has been a necessary operation since the origins of photography. It arose because a camera lens cannot naturally provide a sharp image of a volume. This easy to understand concept arose from the laws of Descartes (1596-1650), part of which derive from the work of Kepler (1571-1630), which was reformulated by Newton (1643-1727). In cinema, we know through the principle of optical conjugates that an object always moves in the same direction as its image. In other words, if an object moves towards the camera, the image moves towards the film or sensor and which remains fixed. In order to maintain sharpness at this spot, therefore, one must move the lens backwards (with respect to a fixed reference point, the camera). In this way, when an object advances, in order to maintain the focus one must distance the lens from the sensitive surface and, conversely, bring the lens closer to the sensitive surface when the object moves away.



Focusing principle. [See database entry.](#)

Several technological variants exist, although most of these use the principle of the helicoidal ramp in order to ensure a rigorous transfer/shift of the lenses. The lack of rotation prevents movement of the optical axis and minimizes certain aberrations. Focusing can be either classical – with every lens making up the ensemble of lenses in the camera being connected and moving at the same time – or internal – a single optical group which can be located in front of the moving ensemble of lenses (most zooms function in this way) or within or behind them. The advantages to the latter case are numerous: because the optical centre of gravity is less affected by movement, which is considerable in the case of telephoto lenses, there is greater mechanical precision, making it possible to use a more functional system of inscribing focus distances for the use of the camera operator. It also makes possible better correction of the visually unpleasant effect of a slight increase or decrease in the enlargement of the image, something commonly known as pumping or breathing.

Focusing requires great precision, especially in cinema. Before shooting begins strict preparations and checks are carried out in order to guarantee, in theory, that the recording equipment will fully carry out its duties. This “foretelling” undoubtedly has a technical purpose, but it is also connected, especially in France, with a system of agreements between different insurance companies – that of the provider of the cameras and lenses and that of the film production renting them. Budget overruns regularly occur when a shot has to be redone because the focus was defective. Such a thing appears unusual at this technological level.^[1] The reason is simple. The information concerning the distances transferred to the lens or to the follow focus (a gearing system which conveys its adjustments to an attached vertical ring) must correspond precisely to the information about the distance at which the lens should create a sharp image.^[2]



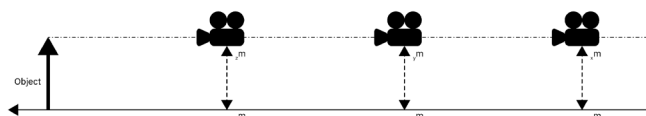
Follow focus. [See database entry.](#)

A follow focus is used to make handling of the focus ring much simpler. A disc is used to inscribe guiding marks for focus changes, for example. This is called “rack focus.” Today there are models operating in HF for carrying out adjustments from a distance (in the focus, obviously, but also to control the zoom and the diaphragm). This task has fallen to the first assistant and not to the camera operator. This is a peculiarity of cinema which illustrates the issues and difficulties involved in focusing, and more particularly when objects, actors and cameras are in motion.^[3]

The following example gives a simple illustration of this. An actor advances along the axis towards the camera; or conversely, the actor is immobile and the camera dollies forward. In each case, with each new position, the focus must be reset by correlating it to the relative shift of one or the other of the two elements. A fairly old technique, sometimes still used today, consists in marking the ground at preset distances. The assistant operator, known as the focus puller, positions the focus ring in front of the corresponding setting as he or she passes each one mark on the ground.

This necessary but insufficient condition presupposes that the movement is linear. Such that at a distance $(z_m + y_m)/2$ the focus shown on the lens actually corresponds to $(z_m + y_m)/2$. Jolts must be avoided. With HF follow focus systems, methods changed; marks on the ground are

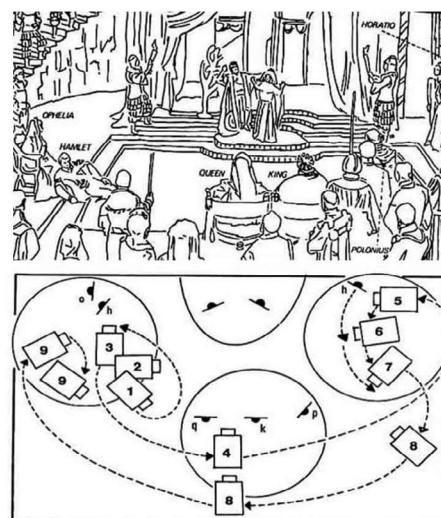
less used, but the principle remains the same. Modern tools help to focus, such as CineTape, which uses ultrasound, or the Preston Light Ranger (these systems can be likened to telemetric systems, with the latter having an autofocus function).^[4]



The principle of following focus in a simple case. [See database entry.](#)

These technologies are used more and more, because sensors have become larger and larger and lenses increasingly luminous and higher definition. Under these conditions, depth of field is extremely shallow and focus almost impossible to achieve, especially if the distance is short. Follow focus and rack focus can become a true art, taking the form of a musical score with a particular tempo to create a particular narrative dimension. These methods are truly different from our own visual system, in which focus is practically an immediate reflex. In fact accommodation varies from 0.3 to 0.6 seconds, depending on the situation. In our daily lives, this waiting time is not perceived. Thus when our gaze rests on different places of the scene before us, we have the systematic impression that every plane is [perceived as being in sharp focus](#). This physiological peculiarity is what makes many people believe that our vision is equipped with significant depth of field. This is obviously false. One need only concentrate on a pencil placed vertically before our eyes at a distance of around a half a metre to realize that everything in front of the pencil, and especially what is behind it, is blurry.

Structurally, it is easy to imagine that focusing when not only the actor but also the camera is in motion is especially difficult, and that when in addition one adds the movements of a crane the situation becomes particularly complex. The example below, closely documented by Daniel Arijon, illustrates this with respect to Laurence Olivier's filmed adaptation of Shakespeare's *Hamlet* in 1948.^[5] The scene in question takes place at the castle during the staging of the play put on by Hamlet to prove his stepfather's guilt. The king and the key figures in the drama are arranged into three groups. The camera travels from points 1 to 8 with changes to the focus each time. The focus is thus associated with a sense of rhythm, in which coordinating every element is fundamental. A viewer sitting in a movie theatre is obviously not aware of this and is often completely unaware of all this complex positioning. We cannot blame them, and yet, to take up our musical metaphor again, they would be more sensitive to the least fault in the focus than the average listener would be to a false note in an orchestra.



A scene in Laurence Olivier's *Hamlet*. Each camera position must be accompanied by a change to the focusing. [See database entry.](#)

We are in the presence, then, of a paradox, one difficult to admit and at times unjust: when the focus puller does his or her work correctly, no one sees it; on the other hand, everyone spots the slightest mistake. For many, it is thankless work. The following remark is attributed to Pierre Granier-Deferre: “In film, I could do every job except one: focus puller.” On this topic, the present author thought it would be interesting, to illustrate these comments on focus, to invite a very special point of view, that of Jean-Yves Le Poulain, who for twenty years was focus puller for the great director of photography Pierre Lhomme, whose name is associated with Jean-Pierre Melville’s *Army of Shadows* (1969), most notably on Jean-Paul Rappeneau’s *Cyrano de Bergerac* (1990) and Bruno Nuytten’s *Camille Claudel* (1987); he was also focus puller for Edward Klosinsky on Lars von Trier’s *Europa* (1991). Today he works for the company Thales Angénieux helping engineers manufacture new lenses based on his own experience on the ground. While he asserts that the focus puller’s first duty is of course to ensure that the images are sharp, and to manage all of the technical constraints connected with the camera during the making of a film, he believes that the focus puller’s “true” function is above all to manage the aesthetic and semantic choices made, which should be in tune with those of the cinematographer and with an interpretation of the script. This, according to Le Poulain, is a form of punctuation:

It’s a language in its own right. Focusing choices influence the editing and even the ability to hold the viewer’s attention. It is revealed to be an articulation between several sequences. For example, leaving an actor in soft focus in the foreground with an off-screen voice in the background is a decisive narrative choice. It is a question above all of addressing the viewer, who is not a filmmaker and who does not necessarily have the culture required to create sensations in their own minds. These sensations must be completely controlled by the cinematographer, but identifiable by the viewer without effort. Here is where the subtlety lies; these recurrences serve a purpose. It is often the case that the focus puller discusses them with the film director to make him aware of the way they can interfere with the beginning of a sequence or the matches within them. A director’s primary concern is to have the speaking actor in focus, but when there is a very shallow depth of field they must be informed, because decisive choices are required.^[6]

This comment is reminiscent of that famous remark “focus on the money,” which basically meant that when the images of two actors cannot both be sharp at the same time, it was enough to keep in focus the better paid of the two, meaning the one who drew the most spectators to the movie theatre. Another solution to this difficulty consists in switching between one and the other. For Jean-Yves Le Poulain, “focus is not a static choice. Through the use of rack focusing or changes to the focus while shooting, it becomes a dynamic vector within a single shot. Rack focusing has a considerable role, because one can play on contrasts, meaning to focus on an actor who is not speaking but who is decisive when we pay attention to them.”^[7] While aesthetic and semantic choices are predominant, the purely technical dimension sometimes creates constraints, particularly in anamorphic formats.^[8]

The profession was broadly shaken up with the arrival of the digital and the dematerialization of the image. The gradual shift from HD to 2K, then 4K, and now 6K or even 8K, requires much more precise focusing. It makes the job of the focus puller even more delicate, even though the image is constantly visible on a monitor. Jean-Yves Le Poulain adds:

With photochemical film, the image is latent, meaning that it will only be visible after it is developed. Cinematographers discovered the image, generally the day after the shoot, when the rushes were screened. With digital, having a monitor at your side at all times can be deceiving. In principle, these images are supposed to reassure you, but they are often deceptive, because there is an enormous difference between seeing something on an HD screen and seeing it in a cinema on a screen twenty metres tall. These images are not seen in the same way, and it affects the role of the focus puller. With photochemical filming you have to imagine the image, picture it on the big screen, construct it mentally. This work can only be done after having acquired considerable experience. Young cinematographers today make decisions directly from the on-set monitor and do not have the necessary distance, because there are differences between what you see live and the results, generally screened a few months later, mostly at Cannes, creating surprises which unfortunately are irreversible.^[9]

This comment touches on the very basis of our concerns here, that of offering tools for mediating between various creative partners with respect to depth of field, and more precisely to *blurry/sharp depth of field*.

-
- [1] Knowing that an airplane pilot checks his or her flight instruments before take-off is reassuring for the passenger, but understanding the work that takes place before a film shoot is not a concern of the spectator.
 - [2] The following example will make it possible to better understand the reasoning involved. The second assistant camera operator measures the distance between an object and the sensor's reference plane. If the value of the latter is X , when transferring it to the lens the focus must obviously be done at this value X and not $X \pm \epsilon$, otherwise the image (the reference often being taken at the level of the actor's eyes) will be in soft focus or even blurry. This is why this kind of check, part of a fairly burdensome procedure, especially when working with film stock, is often necessary during the phase known as "testing the cameras."
 - [3] Like photographic systems, analogue video quickly became equipped with auto-focus systems, with digital video obviously following suit. Gradually, these functions entered the world of broadcasting. Nevertheless, there is a field in which automatic focusing has not succeeded in establishing itself: cinema. Naturally, aids have been introduced, from the Parvo Debrie with a direct viewfinder through the film (a camera used more for framing than for focusing) to additional optical systems with prisms. These systems have improved operators' comfort, but without ever replacing an easily understood more practical method.
 - [4] An electronic chip, for example, can be placed in an actor's clothing such that when he or she moves the focus follows.
 - [5] Daniel Arijon, *Grammaire du langage filmé* (Paris: Éditions Dujarric, 1986), 466-68.
 - [6] Jean-Yves Le Poulain, interview with the author.
 - [7] *Ibid.*
 - [8] These lenses compress the image horizontally at the time of filming. Invented by professor Henri Chrétien, they are the basis of the CinemaScope process.
 - [9] Jean-Yves Le Poulain, interview with the author.

A blurred photograph of a person standing in a doorway, illustrating the concept of depth of field. The person is in the center, and the background is out of focus, showing a bright light source and some architectural details.

La profondeur de champ

Depth of Field

La profondeur de champ

par Pascal Martin

Compréhension du principe de base

La profondeur de champ est un concept parfaitement corrélé à la mise au point. Elle supporte un ensemble de paradigmes dont le plus étonnant est d'exister par le défaut. Si tous les éléments qui concourent à la fabrication, à la restitution et à l'observation de l'image étaient exempts de défauts, le concept même serait inexistant, et la photographie de même que le cinéma n'auraient jamais été inventés, tout au moins sous leurs formes technologiques actuelles.

Sans recourir à une étude détaillée, l'ambition de ce propos est non seulement d'en résumer le principe, mais aussi d'introduire une forme de distanciation entre un modèle classique et une réalité analytique propre à une réflexion nourrie par l'expérience pratique et par plusieurs années de recherche. Le schéma suivant, obéissant à une construction axiale, servira de base au raisonnement dont les outils mathématiques sont empruntés à l'optique géométrique :

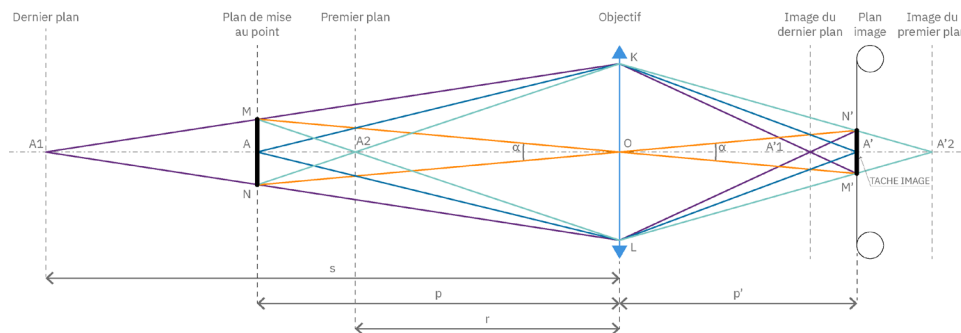
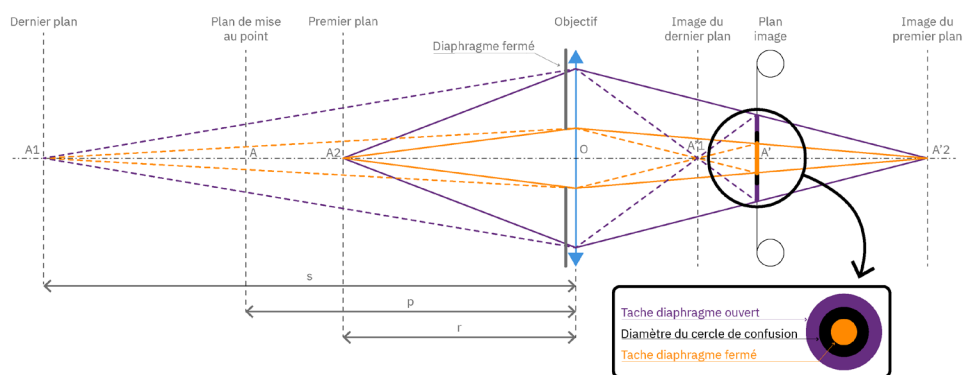


Schéma permettant d'illustrer le principe de la profondeur de champ. [Voir la fiche.](#)

La mise au point est réalisée sur l'objet ponctuel A situé sur l'axe optique de l'objectif. On assimile ce dernier à une lentille mince sans aberration. L'image de A, soit A', se forme sur le film, à l'intersection de celui-ci et de l'axe optique. Un objet ponctuel A₁, situé devant A (spatialement similaire), admet par conjugaison optique une image A'₁. Un objet ponctuel A₂, situé derrière A (spatialement similaire), admet par conjugaison optique une image A'₂. A'₁ et A'₂ se situent de part et d'autre de la surface sensible. Dans les deux cas, elle n'enregistre pas directement ces images mais leurs traces. Celle de A'₁ correspond à la partie postérieure du cône, alors que celle de A'₂ correspond à la partie antérieure. Ces traces sont des projections au sens de la géométrie euclidienne. Dans le cas présent, il s'agit de l'intersection d'un cône et d'un plan perpendiculaire à son axe de révolution, c'est-à-dire un cercle.

La notion de cercle de confusion est introduite à ce moment-là et conditionne à elle seule le concept même de profondeur de champ. Par définition, il s'agit de la grandeur maximale au-delà de laquelle l'œil cesse de confondre une tache avec un point. Passé ce seuil^[1], la tache deviendra de plus en plus visible, et les images cesseront d'être nettes.

À partir de ce raisonnement assez simple, il est donc facile de démontrer sans calcul l'incidence des trois paramètres de base influant directement sur la profondeur de champ. Il s'agit de l'ouverture, de la distance focale et de la distance de mise au point. Le schéma suivant sert de point de départ aux explications et met principalement en avant l'incidence du diaphragme.



Incidence de la fermeture du diaphragme sur la profondeur de champ. [Voir la fiche.](#)

Considérons sur le schéma deux couples de rayons issus des points A_1 et A_2 . Les premiers, en traits pointillés, correspondent à un diaphragme ouvert; les seconds, en traits pleins, à un diaphragme plus fermé. On admettra que la fermeture du diaphragme n'affecte pas les positions relatives de A'_1 , de A' et de A'_2 . La mise au point est faite sur A . Lorsque le diaphragme est ouvert, les cônes incidents provenant de A_1 et de A_2 sont plus larges, et leurs conjugués le sont également. Dans ce cas, la tache produite sur la surface sensible (matérialisée suivant un plan perpendiculaire à la figure par un cercle hachuré obliquement) est supérieure au cercle de confusion. En fermant le diaphragme, la base du cône diminuant, l'intersection avec le plan du film rétrécit également (donnant le cercle noir). La tache est inférieure au cercle de confusion, et A'_1 et A'_2 sont nettes. On comprendra aisément que plus le diaphragme est fermé, plus on pourra éloigner A_1 et A_2 par rapport à leur position respective afin de tendre vers une tache légèrement inférieure au cercle de confusion.

En ce qui concerne la distance focale, il est également possible, sans recourir à l'usage du calcul, de démontrer son incidence. En effet, plus la focale est longue, plus l'écart entre les segments A'_1A' et $A'A'_2$ (dans les hypothèses précédentes) est important. Pour un diamètre d'ouverture utile identique, les cônes admettront des intersections plus faibles avec le plan du film. Enfin, la mise au point implique le même principe de réflexion dans la mesure où plus les objets sont proches de l'objectif, plus leurs images en seront éloignées et leurs écarts relatifs, importants. Le lecteur profane en matière d'optique appliquée constatera que l'énoncé classique du phénomène géométrique caractérisant la profondeur de champ est assez simple. Il admettra également que la grandeur « cercle de confusion » est importante, puisqu'elle définit le passage du net au flou.

Une démonstration convenue

Dans les triangles MNA_1 et KLA_1 :

$$(1.0) \quad \frac{MN}{KL} = \frac{AA_1}{OA_1} = \frac{s-p}{s}$$

Dans les triangles MNA_2 et KLA_2 :

$$\frac{MN}{KL} = \frac{AA_2}{OA_2} = \frac{r-p}{r}$$

$$(1.1) \quad \text{donc} \quad \frac{MN}{KL} = \frac{s-p}{s} = \frac{r-p}{r}$$

KL représente le diamètre de l'ouverture utile, c'est-à-dire de la pupille d'entrée.

Dans le cas d'une lentille mince, les pupilles d'entrée et de sortie sont confondues.

Soit $KL = \emptyset P_E$

$$(1.2) \quad \text{puisque} \quad \frac{1}{N} = \frac{\emptyset P_E}{f'} \Rightarrow \emptyset P_E = \frac{f'}{N}$$

MN admet comme image $M'N'$, c'est-à-dire e (diamètre du cercle de confusion).

On admet généralement que :

$$(1.3) \quad MN = \alpha p$$

Et par conséquent que, en remplaçant (1.2) et (1.3) dans (1.1), on obtient :

$$(1.4) \quad \frac{MN}{KL} = \frac{s-p}{s} = \frac{r-p}{r}$$

$$\frac{\alpha p N}{f'} = \frac{s-p}{s} = \frac{r-p}{r}$$

$$\frac{\alpha N}{f'} = \frac{s-p}{s.p} = \frac{r-p}{r.p}$$

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{s} = \frac{1}{r} - \frac{1}{p} = \frac{\alpha N}{f'}$$

Avec $p = OA$, $s = OA_1$ et $r = OA_2$

$$(1.5) \quad \frac{\alpha N}{f'} = \frac{s-p}{s.p} = \frac{r-p}{r.p}$$

Si l'objet est à une distance supérieure à 20 fois la distance focale, on peut confondre p' et f' , ce qui permet d'écrire $e = f' \cdot \alpha$. Dans ce cas, l'équation globale devient :

$$(1.6) \quad \frac{1}{p} - \frac{1}{s} = \frac{1}{r} - \frac{1}{p} = \frac{eN}{f^2}$$

La relation reprend bien évidemment les grandeurs que nous avons présentées au début de ce parcours : p , distance de mise au point; N , nombre d'ouverture; f' , distance focale; s et r , respectivement distances au premier et au dernier plan net.

Cette démonstration est un classique du genre qui conduit à une formule mathématique dont le but est d'être utilisable en pratique. Pour en arriver là, il a fallu faire plusieurs approximations en se plaçant dans des situations à la fois simples et idéales. Par exemple, l'origine des distances est déterminée à partir du centre optique, alors que, sur un plateau de cinéma, c'est le plan du capteur qui est pris en compte. De même, il est coutume dans certains cas de considérer que l'objet est suffisamment éloigné pour que son image se forme proche du foyer image de l'objectif. Dans ce cas, cette approximation conduit à définir des relations différentes selon la distance de mise au point à laquelle on travaille.

Mais, ce qui nous intéresse plus particulièrement ici est l'assimilation de l'objectif à une lentille mince supposée sans aberration. Cette condition nous impose de considérer le système comme parfait. Or, par principe, une lentille unique est entachée de tous les défauts optiques d'un système non corrigé. Dans ce cas, on nourrit le raisonnement d'une dimension pour le moins paradoxale. En effet, l'étude théorique de la profondeur de champ tend à ignorer les défauts réels des optiques, alors que c'est justement parce que l'ensemble des éléments qui concourent à fabriquer et à observer des images n'est pas parfait que la profondeur de champ existe. Par ailleurs, la qualité optique ainsi que les résidus de correction sont des vecteurs esthétiques importants.

La démonstration classique de la profondeur de champ confère au cercle de confusion un rôle important, mais très certainement en deçà de celui qui devrait lui être dévolu. Cette grandeur est fondamentale, car elle est le vecteur même de la spatialisation.

Mathématiquement, l'expression $e = f' \alpha$ fait appel à deux concepts subjectifs : f' , distance focale normale assimilée à la distance orthoscopique et α , critère de netteté angulaire moyen de l'œil humain. Ces deux notions sont très relatives, car elles sont liées au système visuel et dépendent de nombreux paramètres.

On comprendra donc que la notion de cercle de confusion ne peut être qu'ambiguë, puisqu'il s'agit d'un *seuil*. Cette définition mériterait d'être associée à l'adjectif *différentiel*, car il s'agit davantage d'un seuil différentiel que d'un seuil absolu. La profondeur de champ n'est pas un concept manichéen. La transition du net au flou n'est pas de nature binaire. Cela corrobore la terminologie adoptée, celle du *continuum flou/net de profondeur*, et atteste que cette quantification du flou n'est jamais que le prolongement logique de l'étude initiale portant sur la profondeur de champ.

Enfin, la chaîne photographique ou cinématographique est absente de la démonstration précédente, renforçant l'idée même qu'un seuil caractérisant un brutal passage du net au flou n'a pas vraiment de sens.

[1] Ce terme n'a jamais été employé pour caractériser le cercle de confusion.

Depth of Field

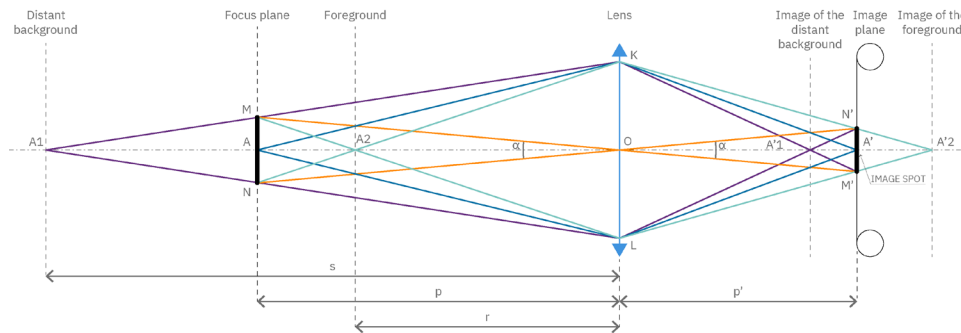
by Pascal Martin

Translation: Timothy Barnard

Understanding the Underlying Principle

Depth of field is a concept which correlates perfectly with focus. It supports a number of paradigms, the most astonishing of which is to exist by default. If all the elements which contribute to the fabrication, recreation and observation of the image were free of defects, the concept itself would not exist, and neither photography nor cinema would have been invented, at least in their current technological forms.

The ambition of the present text is, without entering into a detailed study, not only to summarize the principle but also to introduce a degree of distance between the classical model and an analytical reality specific to ideas formed through practical experience and several years of research. The following diagram, constructed along an axis, will serve as the basis for reasoning whose mathematical tools have been borrowed from geometrical optics:

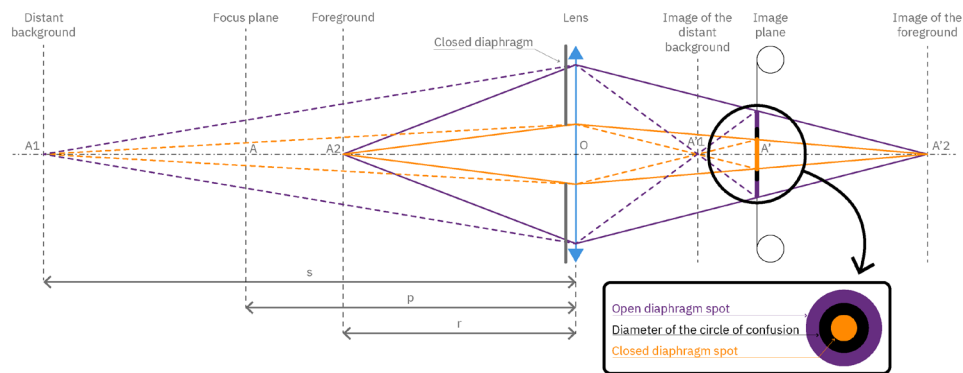


A diagram illustrating the principle of depth of field. [See database entry.](#)

Focus is carried out on object A located on the optical axis of the camera lens. This lens system is a thin lens without aberrations. The image of A, or A', forms on the film, at the intersection of the film and the optical axis. Object A₁, situated in front of A (spatially similar), admits by means of optical conjugates an image A'₁. Object A₂, situated behind A (spatially similar), admits by means of optical conjugates an image A'₂. A₁ and A₂ are located on either side of the sensitive surface. In each case, this surface does not record these images directly, but rather their traces. That of A'₁ corresponds to the posterior part of the cone, while that of A'₂ corresponds to the posterior part. These traces are projections in the sense of Euclidian geometry. In the present case, these projections are the intersection of a cone and a plane perpendicular to its axis of revolution, meaning a circle.

The concept of the circle of confusion is introduced at this point, and alone determines the concept of depth of field. By definition, the circle of confusion is the maximum size beyond which the eye stops confusing a spot with a point. Beyond this threshold^[1], the spot becomes increasingly visible and the images cease to be sharp.

On this basis of this fairly simple reasoning, it is easy to demonstrate without calculations the impact of the three fundamental parameters which influence depth of field directly. These are the opening, the focal distance and the focus distance. The following diagram can serve as a point of departure for explaining depth of field, principally by foregrounding the impact of the diaphragm.



Effect of closing the diaphragm on the depth of field. [See database entry.](#)

Let's look, in this diagram, at two pairs of rays of light emanating from points A_1 and A_2 . The former pair, shown in dashes, corresponds to an open diaphragm; the latter pair, shown with a solid line, corresponds to a partially closed diaphragm. It can be seen that closing the diaphragm does not affect the relative positions of A' , A'_1 or A'_2 . Focus is made on A . When the diaphragm is open, the incident cones coming from A_1 and A_2 are wider, and their conjugates as well. In this case, the spot produced on the sensitive surface (materialized following a plane perpendicular to the figure by an obliquely hatched circle) is higher than the circle of confusion. By closing the diaphragm, the base of the cone diminishes and the intersection with the plane of the film also recedes (giving the black circle). The spot is lower than the circle of confusion, and A'_1 and A'_2 are sharp. It can thus easily be seen that the more one closes the diaphragm, the more one can distance A_1 and A_2 from their respective positions in order to extend towards a spot slightly below the circle of confusion.

With respect to the focal distance, it is also possible, without resorting to calculations, to demonstrate its impact: the longer the focal distance, the greater the gap between the segments A'_1A' and $A'A'_2$ (in the preceding hypotheses). For an identical useful opening diameter, the cones will admit weaker intersections with the plane of the film. Finally, focus involves the same principle of reflection in the sense that the closer the objects are to the camera lens, the farther away the images will be and the greater the relative gaps between them. Readers who are laypeople in applied optics will note that the classical description of the geometrical phenomenon characterizing depth of field is fairly simple. They will also note that the "circle of confusion" is large in size, because it defines the shift from sharp to blurry.

A Conventional Demonstration

In the triangles MNA_1 and KLA_1 :

$$(1.0) \quad \frac{MN}{KL} = \frac{AA_1}{OA_1} = \frac{s-p}{s}$$

In the triangles MNA_2 and KLA_2 :

$$(1.1) \quad \text{then} \quad \frac{MN}{KL} = \frac{AA_2}{OA_2} = \frac{r-p}{r}$$

$$\frac{MN}{KL} = \frac{s-p}{s} = \frac{r-p}{r}$$

KL represents the diameter of the useful opening, meaning the entrance pupil.

In the case of a thin lens, the entrance and exit pupils are combined.

$$(1.2) \quad \text{Let } KL = \emptyset P_E$$

$$\text{since } \frac{1}{N} = \frac{\emptyset P_E}{f'} \Rightarrow \emptyset P_E = \frac{f'}{N}$$

MN admits as an image $M'N'$, meaning e (the diameter of the circle of confusion).

It is generally admitted that:

$$(1.3) \quad MN = \alpha p$$

And thus that, by replacing (1.2) and (1.3) in (1.1), we obtain:

$$(1.4) \quad \frac{MN}{KL} = \frac{s-p}{s} = \frac{r-p}{r}$$

$$\frac{\alpha p N}{f'} = \frac{s-p}{s} = \frac{r-p}{r}$$

$$\frac{\alpha N}{f'} = \frac{s-p}{s \cdot p} = \frac{r-p}{r \cdot p}$$

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{s} = \frac{1}{r} - \frac{1}{p} = \frac{\alpha N}{f'}$$

With $p = OA$, $s = OA_1$ and $r = OA_2$

$$(1.5) \quad \frac{\alpha N}{f'} = \frac{s-p}{s \cdot p} = \frac{r-p}{r \cdot p}$$

If the object is at a distance more than twenty times the focal distance, we can conflate p' and f' , making it possible to write $e = f' \cdot \alpha$. In this case, the overall equation becomes:

$$(1.6) \quad \frac{1}{p} - \frac{1}{s} = \frac{1}{r} - \frac{1}{p} = \frac{eN}{f^2}$$

The relation obviously takes on the values presented at the beginning of this parcours: p , the focus distance, N , the number of the opening, f' , the focal distance, and s and r , respectively, the distances to the first and last in-focus shot.

This demonstration is a classic of its kind which leads to a mathematical formula whose goal is to be utilisable in practice. To achieve that, several approximations were necessary, by putting ourselves in simple, ideal situations. For example, the source of the distances is determined from the optical centre, whereas on a film set the plane of the sensor is taken into account. Similarly, in some cases it is customary to view the object as sufficiently far away for its image to form near the lens' focal point. In this case, this approximation leads to defining different relations, depending on the focus distance with which one is working.

But what interests us more particularly here is the supposition that the camera lens is a thin lens without aberration. This condition obliges us to view the system as perfect. And yet in principle a single lens is marred by all the optical defects of an uncorrected system. In this case, we employ reasoning of a dimension that is paradoxical to say the least. For the theoretical study of depth of field tends to ignore the real defects in lenses, and yet it is precisely the fact that the ensemble of elements which work together to fabricate and observe images is not perfect that depth of field exists. In addition, optical quality and the residues of correction are important aesthetic vectors.

The classical demonstration of depth of field grants the circle of confusion a major role, but this certainly falls short of the role which should fall to it. This measure is fundamental, because it is the very vector of spatialization.

Mathematically, the expression $e = f' \alpha$ calls on two subjective concepts: f' , the normal focal distance, likened to the orthoscopic distance, and α , the human eye's criterion of average angular sharpness. These two concepts are quite relative, because they are tied to the visual system and depend on a number of parameters.

It can thus be seen that the concept of the circle of confusion can only be ambiguous, because it is a threshold. This definition merits being joined with the adjective differential, because it is more of a differential threshold than an absolute one. Depth of field is not a Manichean concept. The transition from sharpness to blurriness is not binary. This corroborates the terminology adopted here, that of the *blurriness/sharpness depth continuum*, and attests that the quantification of blurriness is never more than the logical extension of the initial study of depth of field.

Finally, the photographic or cinematic chain is absent from the preceding demonstration, reinforcing the very idea that a threshold describing a brutal shift from sharpness to blurriness really makes no sense.

.....

[1] This term has never been used to describe the circle of confusion.

A blurred, blue-tinted photograph of a person standing in a doorway, with light coming from the doorway and some circular bokeh lights in the background.

Cercle de confusion

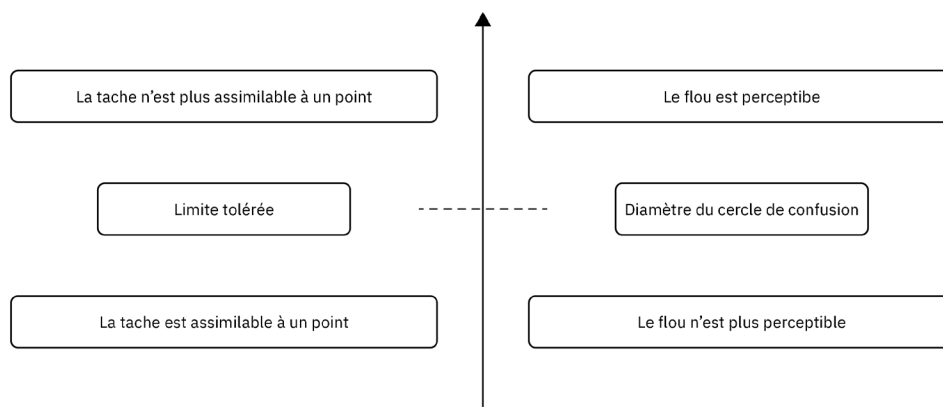
Circle of Confusion

Cercle de confusion

par Pascal Martin

Une notion trop simplifiée

L'examen de la démonstration de la profondeur de champ met en évidence que le seul critère liant la cause à l'effet est le cercle de confusion. Sur lui, et sur lui seul, repose le principe même du concept. D'un point de vue sémantique, le terme « confusion » correspond à la définition selon laquelle il est possible de confondre une tache avec un point. Les notions de seuil, voire de seuil différentiel, seraient préférables. Linéairement, le concept peut, selon les acceptions en vigueur, se formuler ainsi :



[Voir la fiche.](#)

Il ne semble pas utile de formuler de longs développements pour comprendre que cette limite ne peut être que relative. Comment, en effet, supposer qu'elle constitue, d'après son formalisme physique, une rupture dans la continuité du net au flou? L'évidence devient flagrante si l'on admet qu'elle définit une corrélation entre un phénomène physiologique et une dimension physique. Afin de mieux appréhender le raisonnement, il convient de revenir sur la façon dont cette grandeur est couramment calculée.

Le cercle de confusion est une notion générique qui peut se résumer comme suit : les points images correspondant aux points objets sur lesquels la mise au point n'est pas réalisée se forment soit devant, soit derrière le capteur ou l'émulsion. L'interaction de ces cônes et de la surface sensible est assimilable à une tache. Si cette dernière est inférieure au diamètre du cercle de confusion, ces taches sont assimilables à des points, donc perçus nettement. Dans le cas contraire, les taches demeurent visibles et leur superposition donne une impression de flou. Le cercle de confusion est une tolérance (linéaire) qui ne tient compte que du pouvoir discriminant de l'œil et de la distance à laquelle le sujet regarde l'image.

Ce paramètre est donc fondamental, car il établit la limite entre le flou et le net. L'objet de ces recherches vise à prouver que toutes les données qui affectent cette transition ne sont pas prises en compte. Le concept fondamental consiste à considérer que le flou^[1] s'inscrit dans la continuité du net. Pourquoi ne pas user d'associations comme la *netteté du flou* ou, au contraire, comme la *flouïté du net*? Il faut comprendre cette démarche comme un prolongement de toutes les études ayant été menées sur la profondeur de champ.

Il est amusant de noter que pour les non-spécialistes, il s'agit d'une caractéristique propre à l'objectif imaginé par le constructeur, puisque le phénomène est paradoxalement contraire aux lois de l'optique les plus simples. En effet, Descartes a démontré qu'un point objet ne peut admettre qu'un point image net à travers une lentille^[2]. La surface sensible étant plane, elle ne peut enregistrer la profondeur. Pourtant, celle-ci est représentée. Toute une somme de défauts participe à créer ce phénomène : les qualités relatives de l'objectif, du système d'enregistrement et bien évidemment du système visuel. Si l'ensemble de la chaîne photographique ou cinématographique tendait vers la perfection, la profondeur de champ tendrait, elle, vers zéro et, osons l'affirmation, la photographie, et par extension le cinéma, n'aurait certainement jamais été inventée.

Depuis son origine, les physiciens ont tenté de mathématiser la représentation de la profondeur, qu'ils ont assimilée à une tolérance de netteté mais de façon très manichéenne, c'est-à-dire en considérant l'image comme étant soit nette, soit floue. Bien que de nombreuses équations revêtent des formes différentes, elles sont sur le fond assez proches les unes des autres. Depuis plus d'un siècle et demi, les matériels photographiques (acception large intégrant le cinéma) ont évolué de façon spectaculaire, sans que l'on modifie ces expressions mathématiques, ce qui a été montré au cours de différentes études^[3].

Paradoxalement, les modèles mathématiques habituellement utilisés garantissent les limites de netteté de part et d'autre du plan de mise au point. Ils reposent généralement sur des approximations, afin que les calculs ne soient pas trop complexes et surtout réalisables en pratique. La quantification est paradoxale et globalement subtile, car il s'agit d'anticiper la forme « d'un flou que l'on verrait net ». Le nombre de paramètres qui conditionnent cette définition est considérable et chacun d'entre eux admet déjà des solutions localisées, c'est-à-dire qui dépendent de facteurs bien délimités. Considérer le concept dans sa globalité demande une analyse plus subtile donc moins binaire.

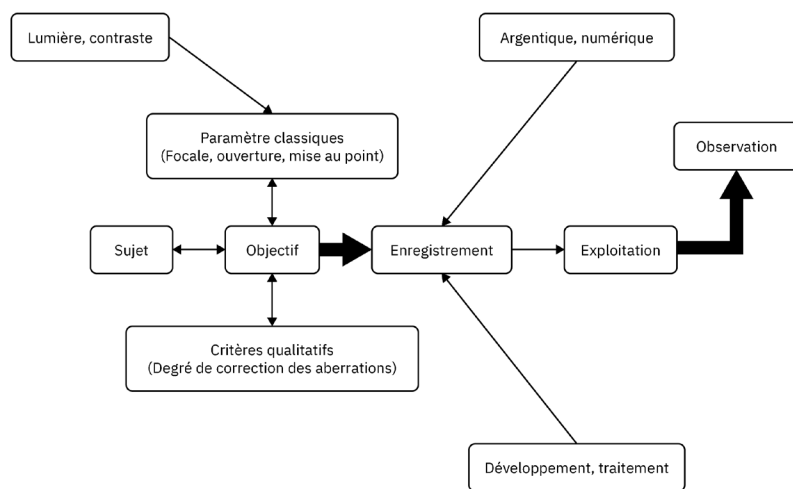
Dans le cas de la profondeur de champ, le problème posé revient indubitablement à se pencher sur l'intervalle d'acceptation et à en déterminer les limites. Le principe de la quantification serait justement d'éviter cette dissociation et d'analyser le phénomène dans son intégralité. À mesure que l'on s'éloigne de cette zone, le flou se fait de plus en plus ressentir, mais *comment évolue-t-il*? On ne peut intrinsèquement répondre à cette nouvelle question sans chercher à savoir également *comment il est perçu*.

L'ensemble de ces constatations a nécessité dans un premier temps de penser un concept plus large que celui de profondeur de champ. C'est ainsi qu'est né le flou/net de profondeur,

admettant une idée de continuité et non d'opposition. D'un point de vue sémantique, ce concept manquait encore de force; c'est pourquoi, dans de récentes publications^[4], cette notion a été revue et envisagée sous la forme d'un continuum flou/net de profondeur. Pour évoquer la transition entre le net et le flou, la notion de sensibilité différentielle avait été envisagée^[5] et pour définir les limites, celle de seuil (voir lamelle suivante). Deux types de seuil ont été proposés. Le seuil de définition potentielle est celui où, dans le flou, on réussit à distinguer une forme reconnaissable (une forme humaine, par exemple, mais sans être en mesure de savoir de qui il s'agit). Citons l'apparition des fantômes dans *Kairo* de Kurosawa (2001) ou celle des tueurs dans un long plan-séquence d'*Elephant* de Gus Van Sant (2003). Le seuil sans potentiel de définition n'admet quant à lui plus rien de reconnaissable. La bascule de point dans *Trois couleurs : Bleu* de Kieślowski (1993) se termine ainsi. Les termes «seuil» et «sensibilité différentielle» sont souvent utilisés en physiologie, et plus particulièrement dans le domaine psychoperceptif. Cet aspect est fondamental, car évidemment, dans toutes ces études, il convient de considérer le récepteur, c'est-à-dire le système visuel.

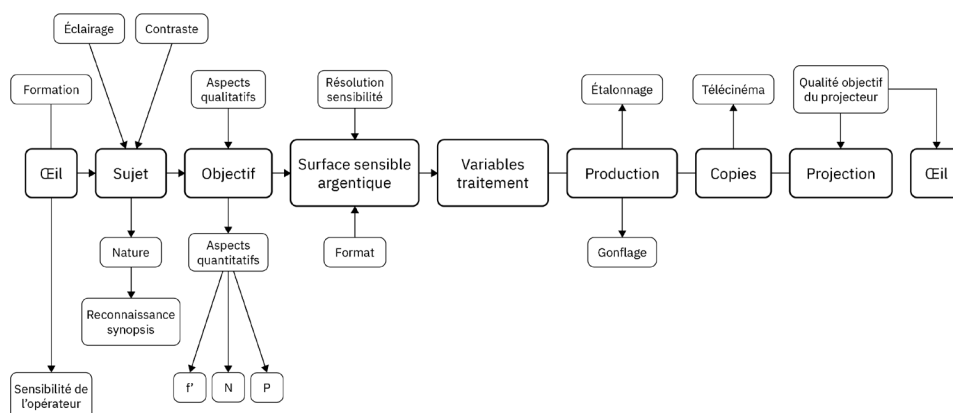
La façon dont le flou évolue peut *a priori* se caractériser mathématiquement^[6] comme un prolongement de l'étude physique de la profondeur de champ. La façon dont il est perçu est beaucoup plus délicate, car on fait intervenir des phénomènes propres à la vision. Plusieurs théories de la perception font appel notamment à une combinaison contraste-fréquence spatiale. Des cellules rétinienne de type X et de type Y constituent respectivement les systèmes dits «tonique» et «phasique». Le flou de profondeur en photographie utilise le système phasique comme analyseur visuel spatial. Il fonctionne comme un filtre, les hautes fréquences définissant le net et les basses, le flou.

Les organigrammes suivants tentent d'inventorier tous les éléments qui sont susceptibles d'influer sur ce continuum flou/net de profondeur. Le travail entrepris sur cette thématique s'inscrit dans la durée et, de fait, intègre les évolutions technologiques, mais il résume les éléments encore factuels liés à la technologie argentique. Le premier est plus généraliste et intègre une terminologie suffisamment large pour convenir à la fois à l'argentique et au numérique.

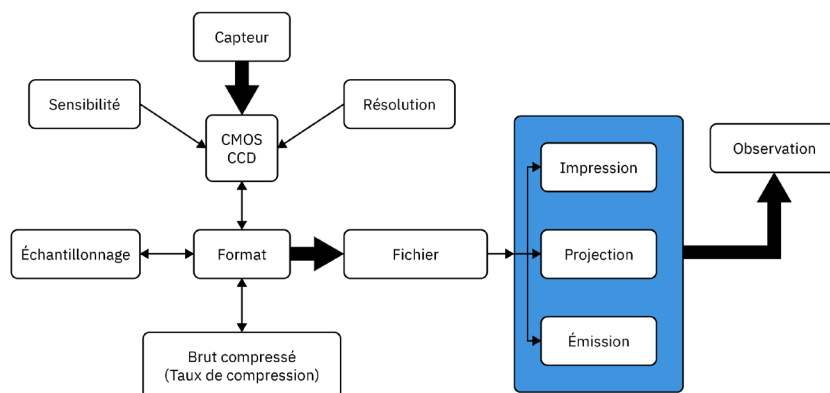


Organigramme récapitulatif. [Voir la fiche.](#)

Deux autres organigrammes complètent le précédent. L'un correspond à la période argentique, et l'autre met en évidence les artefacts pouvant avoir une incidence sur le continuum flou/net de profondeur sur le plan de la captation numérique.



Incidence de la chaîne cinématographique en argentique. [Voir la fiche.](#)



Incidence sur le continuum flou/net de profondeur en captation numérique. [Voir la fiche.](#)

Il convient, dans ces différents scénarios synoptiques, de différencier plusieurs axes de réflexion qui répondent à la question précédente concernant la façon dont le flou évolue et celle dont il est perçu, bien que ces deux aspects soient intrinsèquement liés.

Cette publication a permis de mettre en avant que le dualisme flou/net était trop radical pour tenir compte des multiples paramètres intervenant dans la fabrication de l'image. À partir de la mise au point, dont le principe a été rappelé précédemment, la notion de continuum flou/net de profondeur a été proposée afin de moduler et de nuancer cette zone transitoire entre ces deux états.

Le cercle de confusion, valeur emblématique de la profondeur de champ, a montré ses limites et permis d'avancer que son caractère dichotomique était inapproprié. Parmi les nombreux facteurs pouvant influencer sur le passage entre le flou et le net présentés et mis en perspective dans des organigrammes, nous en avons retenu un, plus prégnant que les autres, qui concerne l'objectif et qui sera analysé dans la lamelle suivante.

-
- [1] Sont exclus de ces recherches les flous de bouger et des filés liés à des captations plus lentes que le déplacement du sujet ou des mouvements non contrôlés de l'appareil de prise de vues.
 - [2] Voir la lamelle «Un regard physique sur la mise au point».
 - [3] Pascal Martin, «Le flou/net de profondeur: un héritage inattendu», *Cahier Louis-Lumière*, n° 1 (septembre 2003): 42-61.
 - [4] Pascal Martin, «Les transitions du continuum», dans *Les frontières du flou au cinéma* (Paris: L'Harmattan, collection «Eidos série Retina», 2014), 83-99.
 - [5] Pascal Martin, «*Le flou est-il quantifiable? Étude du flou-net de profondeur en photographie et en cinéma*» (thèse de doctorat, Université Jean Monnet, 2001).
 - [6] L'optique dite «de Fourier» corrélée aux outils utilisés pour le traitement du signal offre des possibilités qui n'ont pas été prises en compte dans ces études.

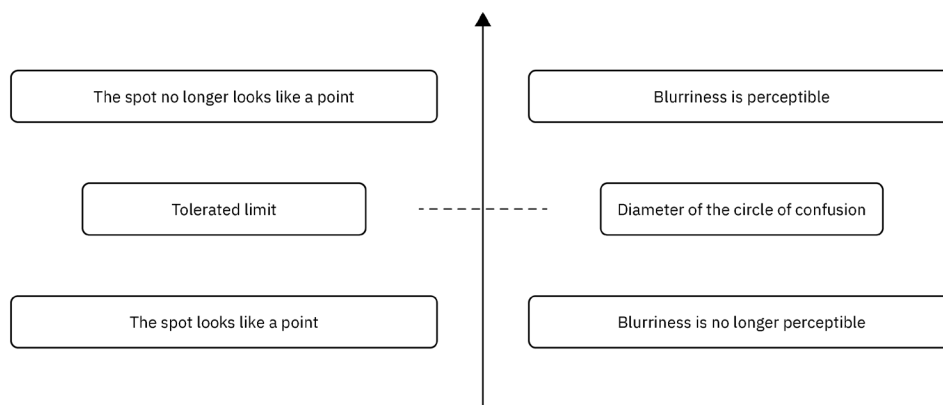
Circle of Confusion

by Pascal Martin

Translation: Timothy Barnard

An Overly Simplified Concept

If we examine the demonstration of depth of field, we can see that the sole criterion linking the cause to the effect is the circle of confusion. On it and it alone rests the very principle of the concept. From a semantic perspective, the term “confusion” corresponds to the definition according to which it is possible to confuse a spot with a point. The concept of threshold, and especially that of differential threshold, would be preferable. In linear fashion, the concept can, according to its current acceptations, be formulated in the following manner:



[See database entry.](#)

It does not appear useful to formulate long discussions of this in order to understand that this boundary line can only be relative. For how could we imagine that it constitutes, the way it is materially formulated, a break in the continuity between sharp and blurry? This becomes blatantly obvious if one acknowledges that this boundary defines a correlation between a physiological phenomenon and a physical dimension. In order to better understand the reasoning, it would be worthwhile to return to the way in which its size is commonly calculated.

The circle of confusion is a generic concept which can be summarized as follows: the image points corresponding to the unfocused object points form either in front of or behind the sensor or the emulsion. The interaction of these cones and the sensitive surface has the appearance of a spot. If the diameter of spot is less than that of the circle of confusion, these spots appear as points, and are thus seen in sharp focus. If the diameter is greater, the spots remain visible and the way they are superimposed gives an impression of blurriness. The circle of confusion is a (linear) tolerance which takes into account only the discriminating power of the eye and the distance from which the subject looks at the image.

This parameter, therefore, is fundamental, because it established the boundary between blurriness and sharpness. The goal of the present research is to prove that not all the data affecting this transition have been taken into account. The fundamental concept consists in viewing blurriness^[1] as part of the sharpness continuity. Why not use word pairings such as the *sharpness of blurriness* or, on the contrary, the *blurriness of sharpness*? This approach must be understood as an extension of all the studies which have been carried out on depth of field.

It is amusing to note that for non-specialists, depth of field is a quality specific to the lens designed by the manufacturer, because the phenomenon is paradoxically contrary to the simplest laws of optics. Indeed Descartes demonstrated that an object point can admit a sharp image point only through a lens.^[2] Because the sensitive surface is flat, it cannot record depth. And yet depth is shown. An entire system of defects contributes to creating this impression: the relative qualities of the camera lens, the recording system and, of course, the visual system. If the entire photographic or cinematic chain tended towards perfection, depth of field would tend towards zero and, I will venture to say, photography and by extension cinema would certainly never have been invented.

From the beginning, physicists have tried to render mathematically the depiction of depth, which they have likened to a tolerance of sharpness, but in a very Manichean manner, meaning that the image has been seen as either sharp or blurry. Although many equations take different forms, at bottom they are fairly similar to one another. For more than 150 years, photographic materials (in the broad sense, including cinema) have evolved spectacularly without these mathematical expressions having been modified, something which has been demonstrated in various studies.^[3]

Paradoxically, the mathematical models usually used guarantee the boundaries of sharpness on either side of the focus plane. They are generally based on approximations so that the calculations are not too complex and, especially, can be carried out in practice. Quantification is paradoxical and, overall, subtle, because it consists in anticipating the form of “blurriness seen as sharp.” There are a considerable number of parameters determining this definition, and each of them admits localized solutions, meaning solutions which depend on clearly delineated factors. Considering the concept in its totality requires more subtle and thus less binary analysis.

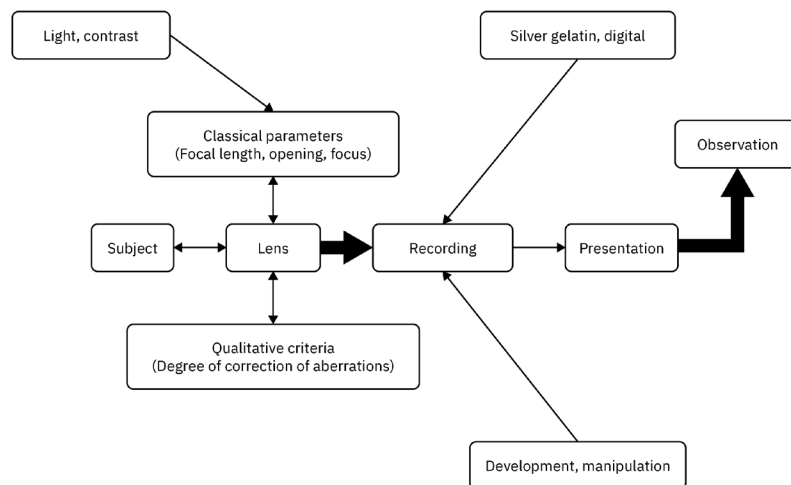
In the case of depth of field, the problem posed undoubtedly boils down to addressing the acceptance interval and determining its boundaries. The principle of the quantification is thus to avoid this separation, precisely, and to analyse the phenomenon in its entirety. As the distance from this zone increases, blurriness increasingly makes itself felt, but *how does it change?* It is inherently impossible to answer this question without also seeking to know *how it is perceived*.

Taken together, these observations required, first of all, that a broader concept than that of depth of field be conceived. This is how blurriness/sharpness of depth, which admits an idea of continuity and not contrast, was born. From a semantic point of view, this concept still lacked force; this is why, in recent publications^[4], it has been revised and conceived in the sense of a blurry/sharp depth continuum. To name the transition between sharpness and blurriness, the

concept of differential sensibility was conceived,^[5] and to define its boundaries the concept of the threshold was introduced (see next section). Two types of threshold were proposed. The threshold of potential definition is that in which, in blurriness, one succeeds in distinguishing a recognizable form (a human form, for example, but without being able to make out who it is). An example would be the appearance of the ghosts in Kurosawa’s film *Kairo* (2001) or that of the killers in a long sequence shot in Gus Van Sant’s *Elephant* (2003). The threshold with no potential for definition, for its part, does not admit anything that is recognizable. The rack focus in Kieślowski’s film *Trois couleurs: Bleu* ends this way. The terms “threshold” and “differential sensibility” are often used in physiology, and more particularly in the field of perceptual psychology. This aspect is fundamental, because obviously, in all these studies, one must take into account the receiver, meaning the visual system.

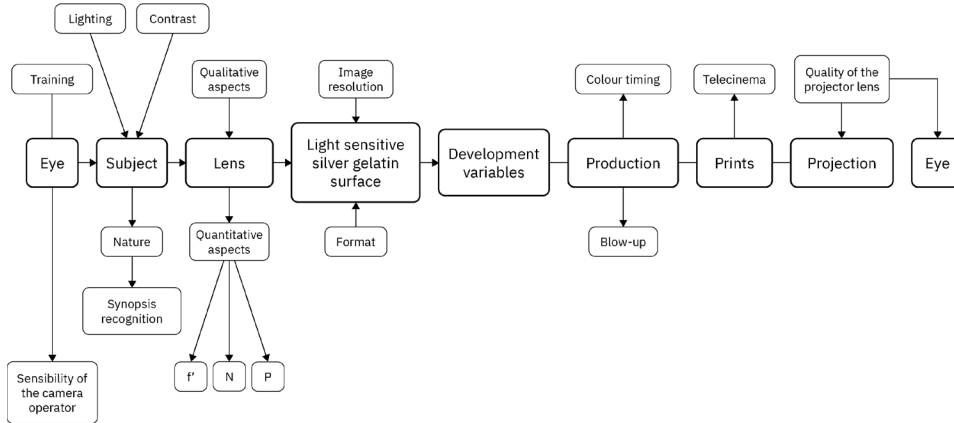
The way in which blurriness changes can be described mathematically^[6] in principle as an extension of studies in physics of depth of field. The way in which it is perceived is a much more delicate matter, because phenomena specific to vision come into play. Several theories of perception draw on, in particular, a spatial contrast-frequency combination. Type X and type Y retinal cells constitute systems known as “tonic” and “phasic” respectively. Photographic blurriness in depth uses the phasic system to analyse visual space. It functions like a filter, with high frequencies defining sharpness and low frequencies defining blurriness.

The following charts attempt to inventory every element capable of influencing this blurry/sharp depth continuum. Work on this topic has been carried out over the long term, and as a result incorporates technological changes, but it summarizes the still-factual elements of photochemical technology. The first chart is more general, and incorporates sufficiently broad terminology to apply to both photochemical and digital photography.

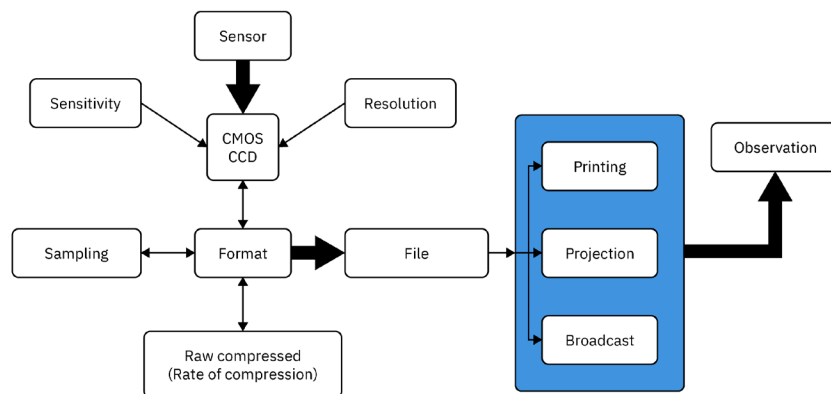


Recap flowchart. [See database entry.](#)

Two other charts complete this one. The first corresponds to the photochemical period, while the other indicates the artefacts which can have an impact on the blurry/sharp depth continuum with respect to digital recording.



Photochemical film chain of events. [See database entry.](#)



Effect of digital capturing on the blurry/sharp depth continuum. [See database entry.](#)

In these different synoptic scenarios, it is best to differentiate several avenues of thinking about them which answer the question above concerning the way in which blurriness changes and the way it is perceived, even though these two aspects are intrinsically linked.

This book has made it possible to advance the idea that the blurry/sharp duality was too radical to take into account the numerous parameters at play in the fabrication of an image. On the basis of this clarification, whose principle was outlined in the first part of this book, the concept of the blurry/sharp depth continuum was proposed in order to modulate and give nuance to this transitory zone between the two states.

The circle of confusion, the emblematic depth of field value, has demonstrated its limitations and made it possible to advance that its dichotomous nature was inappropriate. Among the many factors which can influence the shift from blurriness and sharpness which these charts show and of which they provide an overview, the present author has selected one, more vital than the others, which concerns the camera lens and is examined in the next section.

-
- [1] We have excluded from our research the blurriness caused by shifts and by the running caused by recording more slowly than the subject's movements or by uncontrolled movements of the camera.
 - [2] See the section "The Physics of Focus."
 - [3] Pascal Martin, "Le flou/net de profondeur: un héritage inattendu," *Cahier Louis-Lumière* 1 (September 2003): 42-61.
 - [4] Pascal Martin, "Les transitions du continuum," in *Les frontières du flou au cinéma* (Paris: L'Harmattan, 2014), 83-99.
 - [5] Pascal Martin, "Le flou est-il quantifiable? Étude du flou-net de profondeur en photographie et en cinéma" (PhD diss., Université Jean Monnet, 2001).
 - [6] "Fourier optics," connected to equipment for treating signals, offer possibilities which were not taken into account in these studies.



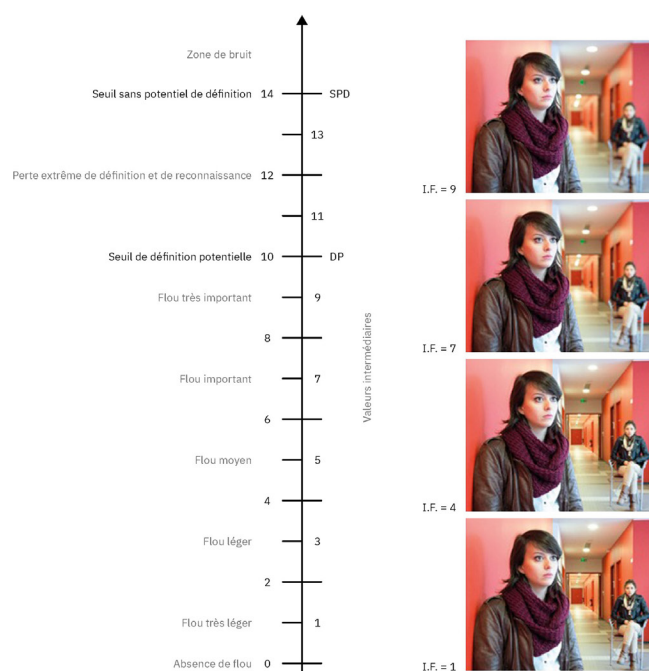
**Échelle de flouïté et flounetoscope:
deux outils au service de l'image**

**Scale of Blurriness and the Flounetoscope:
Two Tools in the Service of the Image**

Échelle de flouïté et flounetoscope : deux outils au service de l'image

par Pascal Martin

La lamelle qui suit puise ses origines dans les essais concernant la quantification du flou^[1] en photographie et en cinéma. Leur but était de répondre à une question simple : peut-on, en amont, c'est-à-dire lors de la prise de vues, anticiper le degré de flou qu'aurait un acteur sur un écran en projection? Bien évidemment, cette préoccupation est d'origine corporative, car elle concerne les professionnels de l'image, par exemple le réalisateur, le directeur photo et/ou l'opérateur de prise de vues pour le cinéma. Il s'agit d'une problématique qui, au demeurant, semble fermée. Or, il n'en est rien, car tenter d'y répondre nécessite de croiser différents champs et concerne ainsi de façon plus vaste les domaines techniques, esthétiques, psychoperceptifs et sémantiques. À partir de ces études et de plusieurs centaines d'expérimentations visuelles, l'échelle de *flouïté*, ou échelle quantitative du flou, a été définie.



Échelle de flouïté avec les images associées. L'indice de flou est lié à la personne en arrière-plan. [Voir la fiche.](#)

L'échelle ainsi proposée est indicative, et les caractéristiques du flou sont évidemment le résultat d'un travail expérimental qui ne doit être considéré avec la prudence qui s'impose. Le but est que l'utilisateur puisse imaginer des qualificatifs différents. Les valeurs intermédiaires permettent un décalage de l'origine en fonction du degré (Δ) de sensibilité exprimé plus loin. Cette échelle est obtenue à partir de la relation suivante :

$$\text{Valeur coefficientée du flou} = [\Delta c + \Delta s] + \frac{1}{FT} \left[10^4 \log \left(\frac{1}{\beta} \right) \cdot \left[\frac{f'}{N} \left(1 - \frac{P(P_{AF} + f')}{P_{AF}(P + f')} \right) \right] \right]$$

$$\text{Avec } \beta = \frac{\text{surface théorique floue}}{\text{surface totale}}$$

f', P_{AF}, p sont en mètres

P_{AF} et p sont négatifs

$\Delta s = \Delta$ sensibilité (sans unité)

$\Delta c = \Delta$ contraste (sans unité)

P_{AF} désigne la distance par rapport au plan avant ou arrière dont on veut connaître la valeur de flou.

La variante de la relation, moins approximée, est la suivante :

$$a = [\Delta c + \Delta s] + \frac{1}{FT} \left[10^4 \log \left(\frac{\text{surface format (larg. x haut.)}}{AB \cdot CD \cdot \left(\frac{f'}{P_{AF} + f'} \right)^2} \right) \left\{ \alpha \cdot \frac{f'}{N} \left[1 - \frac{D - \sqrt{D(D - 4f')}}{D_{AF} - \sqrt{D_{AF}(D_{AF} - 4f')}} \right] \right\} \right]$$

La variante de cette équation réside non seulement dans le calcul direct de la valeur de β (voir plus bas), mais également dans la prise en compte du grandissement pupillaire et des mesures des distances considérées à partir du plan de la surface sensible. La méthode de calcul de β , pour être utilisée simplement, nécessite de réaliser une approximation concernant la surface floue. En effet, le principe repose sur une forme basée sur un carré ou un rectangle. Il convient dans ce cas d'imaginer la figure géométrique la plus proche de la figure réelle^[2].

En supposant que la surface floue est représentée dans l'espace image par ses dimensions $A'B'$ et $C'D'$ correspondant dans l'espace objet à AB et à CD , d'après les calculs du grandissement déjà défini, on peut en déduire que

$$A'B' = AB \cdot \frac{f'}{P_{AF} + f'} \quad \text{et} \quad C'D' = CD \cdot \frac{f'}{P_{AF} + f'}$$

$$\text{La surface floue vaut alors :} \quad A'B' \cdot C'D' = AB \cdot CD \cdot \left(\frac{f'}{P_{AF} + f'} \right)^2$$

$$\text{En conséquence :} \quad \beta = \frac{AB \cdot CD \cdot \left(\frac{f'}{P_{AF} + f'} \right)^2}{\text{surface format (l x h)}}$$

L'échelle de flouïté^[3] admet une sensibilité différentielle de deux unités, avec des valeurs intermédiaires possibles d'une unité, et deux seuils :

- Seuil de définition potentielle DP: Seuil au-delà duquel il ne serait plus possible de reconnaître l'objet figurant sur l'image, mais qui permettrait toutefois de reconnaître sa forme intrinsèque.
- Seuil sans potentiel de définition SPD: Limite au-delà de laquelle l'objet dessiné ne serait plus reconnaissable, la forme et le fond se confondant.

En menant ces études, la nécessité est apparue de s'intéresser à une échelle qualitative corrélée directement aux caractéristiques des objectifs de prise de vues. Sa conceptualisation théorique est évidemment fondamentale, mais elle comporte un intérêt relatif si elle ne demeure pas appliquée. À partir de différentes recherches, dont une financée grâce au Laboratoire d'excellence des arts et médiations humaines (LABEX Arts-H2H), un prototype a pu voir le jour: le flounetoscope. Cet appareil permet de mesurer directement la quantité, et intrinsèquement la qualité, dans la zone de transition dont il est question depuis le début de cette lamelle. Il est d'autant plus intéressant de constater que l'échelle de flouïté et le concept de base du flounetoscope intègrent un élément identique quant à la formulation mathématique utilisée. Celui-ci est de type :

$$\alpha = \alpha \cdot \frac{f'}{N} \left| 1 - \frac{P(P_{AF} + f')}{P_{AF}(P + f')} \right|$$

Les variables ont été données en amont; α représente le grandissement pupillaire, qui s'éloigne d'autant plus de 1 que les objectifs ne sont pas symétriques.

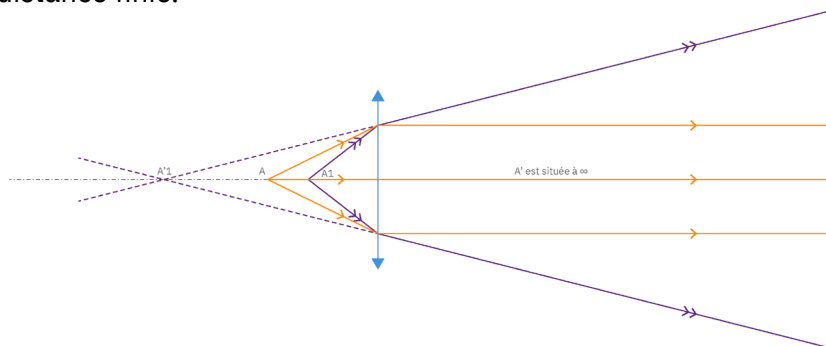
Modèle physique: le flounetoscope

Le contrôle de la qualité des flous d'un objectif n'a jamais fait l'objet d'un protocole institutionnel, et si des tests ont eu lieu, ils l'ont été de façon isolée. L'idée même est le fruit d'une intuition^[4], de nombreux essais et d'une démarche murie et associée à un projet de recherche financé par le Labex Arts-H2H qui ont donné naissance à un banc de mesure baptisé flounetoscope. Ce terme se découpe ainsi: *flou/net/scope*. Les deux premiers éléments n'ont pas à être expliqués. Quant au troisième, il exprime les notions de mesure (comme dans *oscilloscope* et *ophtalmoscope*) et d'observation (comme dans *négatoscope*), mais rappelle qu'il est bien ancré dans le monde du cinéma (*totalscope*, *Franscope*, *dyaliscope*, et bien sûr *CinemaScope*...).

Principe optique

Il faut revenir à l'équation de base et s'intéresser précisément à ce qu'elle représente sur l'axe des abscisses: le déplacement d'un point objet sur l'axe optique de l'infini (∞) jusqu'à une distance minimale de mise au point. Générer la position ∞ dans un laboratoire étant pour le moins difficile, les opticiens ont recours à l'usage d'un collimateur. En plaçant, par exemple, une source en son foyer objet, l'image se formera à l' ∞ , les rayons ressortiront parallèles entre eux. L'objectif du collimateur étant un système convergent, si l'objet est placé avant le foyer objet, il donnera une image réelle, et les rayons ressortiront convergents; s'il est placé après le foyer objet, il donnera une image virtuelle du même côté que l'objet, et les rayons ressortiront

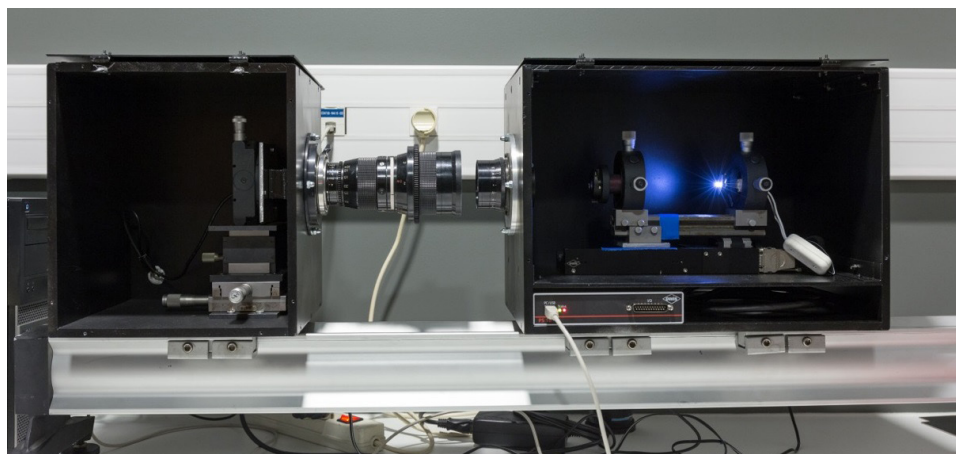
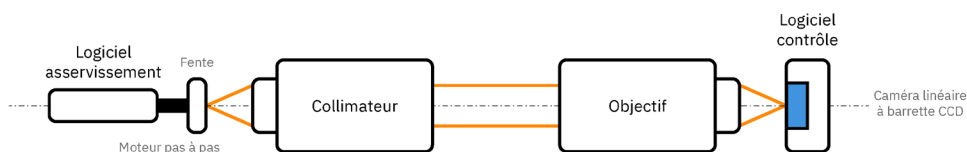
divergents. C'est le cas qui est utilisé ici. Un objectif placé devant le collimateur transformera cette image virtuelle en un objet réel considéré à distance finie. En corrélant le déplacement d'une source par rapport à sa distance focale, un collimateur simulera un déplacement de l' ∞ jusqu'à une distance choisie. Sur le schéma ci-dessous, un observateur vérifiera que A' est à l'infini et A'1 à distance finie.



Construction d'une image virtuelle. [Voir la fiche.](#)

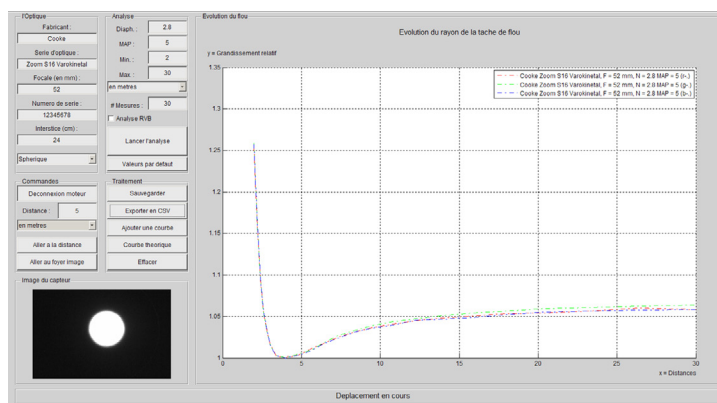
Le rôle du collimateur est donc de simuler le déplacement d'un objet depuis l'infini jusqu'à une distance minimale. En plaçant devant ce dispositif un objectif et un capteur, la meilleure image serait en théorie celle où la distance de mise au point de l'optique et la distance fabriquée artificiellement seraient égales. Si l'objet est une source ponctuelle, son image dans ce cas devrait également être ponctuelle. Si maintenant l'objet se déplace et que la mise au point reste au même endroit, le capteur recevra théoriquement une image qui n'est plus conjuguée, et qui par conséquent formera une tache.

Le principe est donc de simuler un déplacement d'objet et d'examiner son image pour chacune des positions relatives. Dans le bloc de gauche se situent le capteur et l'objectif à étudier et dans celui de droite, la partie assurant la collimation.



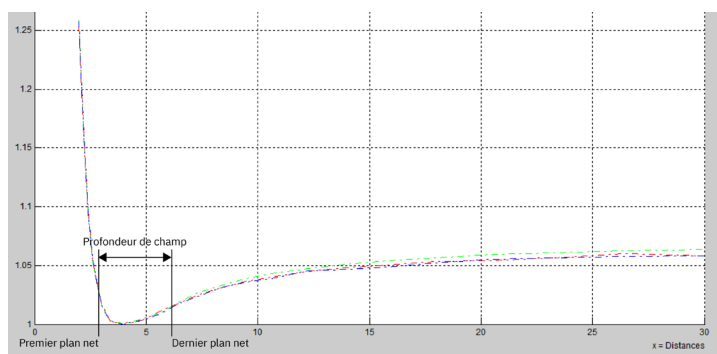
Synoptique et photographie du flounetoscope dans sa version actuelle. [Voir la fiche.](#)

L'interface de commande permet d'entrer toutes les caractéristiques d'identification de l'objectif (marque, diaphragme, focale...), ainsi que les paramètres à étudier et à analyser. Les résultats s'affichent sur l'écran central.



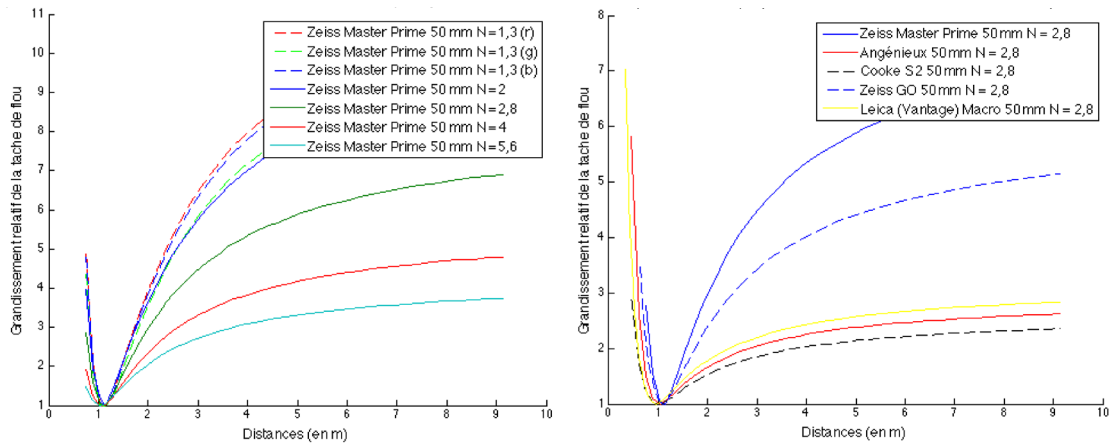
Interface du flounetoscope. [Voir la fiche.](#)

La courbe donne en ordonnée la valeur du grandissement relatif, c'est-à-dire le rapport entre la tache image la plus petite et celle qui est obtenue. La valeur 1 est donc relative d'une optique à l'autre. L'axe des abscisses exprime la distance. Le lieu où la courbe admet un grandissement de 1 correspond au plan de mise au point. On remarque que le flou avant croît de façon exponentielle, alors que le flou arrière croît de façon logarithmique et tend vers une asymptote. On peut d'ailleurs l'observer sur les images de l'échelle de flouïté. Il est facile de comprendre que le flou et le net sont dans une continuité en examinant le schéma suivant, où les limites avant et arrière ont été posées.



Quand le flou rencontre le net et inversement. [Voir la fiche.](#)

Plus le diaphragme est fermé, plus le flou diminue, ce qui justifie que la profondeur de champ augmente. Cela se vérifie sur le graphique. Un des avantages du flounetoscope repose aussi sur le fait qu'il peut mesurer séparément par couche rouge, verte, bleue. Parfois, des différences (aberrations chromatiques dans les flous) sont perceptibles, en particulier dans les grandes ouvertures. Pour chaque ouverture de diaphragme du Zeiss Master Prime 50 mm, le flou croît exponentiellement, sauf pour le dernier cran (de 2 à 1,3), où le flou ne s'accroît presque plus, mais où des aberrations chromatiques apparaissent cependant. En effet, pour le diaphragme 1,3 ont été dessinés en pointillés les rayons rouge, vert et bleu (comme indiqué dans la légende), et on peut constater qu'ils ne se superposent pas, contrairement aux autres diaphragmes.



Comparaison du Zeiss Master Prime 50 mm avec différents diaphragmes à 4 pieds, et comparaison d'optiques 50 mm à 4 pieds. [Voir la fiche](#).

Le Zeiss GO que le Master Prime ont un taux de flou bien au-dessus des autres. Ce résultat a été tellement étonnant que la mesure a été prise plusieurs fois. Le Zeiss 50 mm (GO et Master Prime) est une optique très particulière en termes de flou. En tous cas, l'accroissement du flou est bien au-delà de ce que prévoit la théorie optique (lorsqu'on passe du 40 mm au 50 mm, le flou devrait être $50/40 = 1,2$ fois plus important, tandis qu'ici il l'est $\pm 7/2 = 3,5$ fois plus).



L'extrait vidéo est accessible [en ligne](#).

Extrait de la conférence filmée « Au-delà de la profondeur de champ » donnée par Pascal Martin sur le flounetoscope. [Voir la fiche](#).

L'échelle de *flouïté* n'a pas pu déboucher sur une application concrète ni sur un outil utilisable directement en pratique en raison du développement rapide du numérique. Cette nouvelle ère a standardisé l'utilisation d'écrans de contrôle à même les plateaux ou lieux de tournage (voir la lamelle « Un regard physique sur la mise au point »), rendant ainsi possibles un examen et une appréhension relativement fiable du flou (ce qui était très compliqué sur le dépoli d'une caméra). L'étude a cependant débouché sur la fabrication du flounetoscope. Cet outil de médiation trouve d'autant plus sa place parmi tous les autres qu'avec la surenchère de la haute définition, les opérateurs cherchent à adoucir le rendu en recourant à des objectifs anciens. L'utilisation du flounetoscope permet de faciliter cette démarche, pour peu qu'une cartographie ait été dressée en amont.

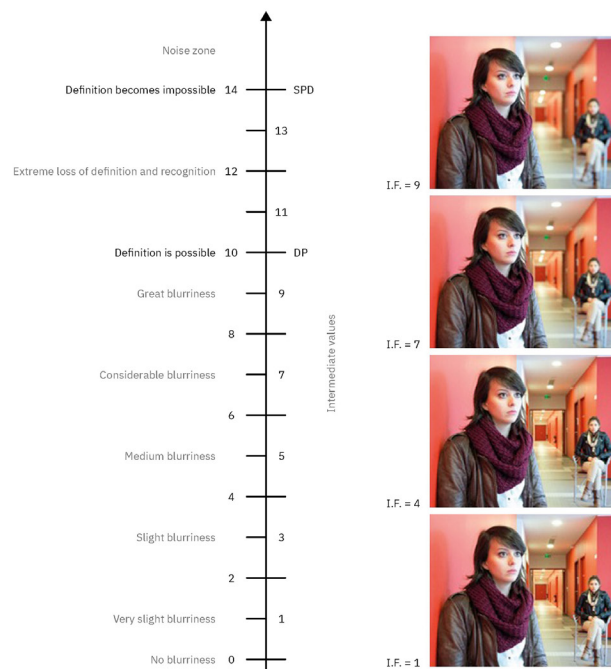
-
- [1] Pascal Martin, « Le flou est-il quantifiable? Étude du flou-net de profondeur en photographie et en cinéma » (thèse de doctorat, Université Jean Monnet, 2001).
 - [2] Pour un personnage de face, on considérera la surface équivalente comme le produit de sa hauteur par sa largeur prise sous les deux aisselles. Le lecteur averti admettra l'esprit peu scientifique de la démarche, mais attestera pour le moins de la rapidité et de l'originalité de la méthode proposée.
 - [3] Terme utilisé par analogie avec l'échelle d'iconicité d'Abraham Molles.
 - [4] Le directeur technique de Leica, rencontré dans un salon de la photo, avait dit, il y a une quinzaine d'années: « Ce qui fait la différence entre nos objectifs et ceux des autres marques, c'est la qualité du flou, mais je ne peux pas le prouver! »

Scale of Blurriness and the Flounetoscope: Two Tools in the Service of the Image

by Pascal Martin

Translation: Timothy Barnard

The present section draws on tests for quantifying blurriness in photography and cinema.^[1] The goal of these tests was to answer a simple question: is it possible to anticipate, meaning during the shooting, the degree of blurriness an actor will have on screen? This concern is obviously in the first instance a professional concern, because it involves image professionals such as, in cinema, the film director, the director of photography and/or the camera operator. It is a question which, when all is said and done, appears to be circumscribed. And yet this is not at all the case, because any attempt to answer it needs to incorporate various fields and therefore more extensively involves technical, aesthetic, psycho-perceptive and semantic fields. On the basis of these studies and of several hundred visual experiments, the quantitative scale of blurriness was defined.



Scale of blurriness with associated images. The blurriness index is based on the person in the background. [See database entry.](#)

The proposed scale is a guide, and the qualities of blurriness are obviously the result of experimental work which should be taken with the necessary caution. The goal is for the user to imagine different adjectives. The intermediary values make possible a shift from the source according to the degree (Δ) of sensitivity expressed further on. This scale was obtained from the following relation:

$$\text{Coefficients blurriness value} = [\Delta c + \Delta s] + \frac{1}{FT} \left[10^4 \log \left(\frac{1}{\beta} \right) \cdot \left[\frac{f'}{N} \left(1 - \frac{P(P_{AF} + f')}{P_{AF}(P + f')} \right) \right] \right]$$

$$\text{With } \beta = \frac{\text{theoretical blurry surface}}{\text{total surface}}$$

f', P_{AF}, p are in metres
 P_{AF} and p are negative
 $\Delta s = \Delta$ sensitivity (without unit)
 $\Delta c = \Delta$ contrast (without unit)

P_{AF} designates the distance from the preceding or following shot whose blurriness value one wishes to know.

The relation variant, less approximated, is as follows:

$$a = [\Delta c + \Delta s] + \frac{1}{FT} \left[10^4 \log \left(\frac{\text{format surface (width x height)}}{AB \cdot CD \cdot \left(\frac{f'}{P_{AF} + f'} \right)^2} \right) \left\{ \alpha \cdot \frac{f'}{N} \left[1 - \frac{D - \sqrt{D(D - 4f')}}{D_{AF} - \sqrt{D_{AF}(D_{AF} - 4f')}} \right] \right\} \right]$$

The variation in this equation lies not only in the direct calculation of the value β (see below) but also in the way the enlargement of the pupil is taken into account and the way the distances are measured from the plane of the sensitive surface. The method for calculating β , for it to be used simply, requires that an approximation of the blurry surface be carried out. In fact the principle rests on a form based on a square or rectangle. In this case it is best to imagine the closest geometrical figure to the real figure.^[2]

Supposing that the blurry surface is represented in the image space by its dimensions $A'B'$ and $C'D'$, corresponding in the object space to AB and CD , in light of the enlargement calculations already defined we can deduce that:

$$A'B' = AB \cdot \frac{f'}{P_{AF} + f'} \quad \text{et} \quad C'D' = CD \cdot \frac{f'}{P_{AF} + f'}$$

$$\text{The value of the blurry surface is thus: } A'B' \cdot C'D' = AB \cdot CD \cdot \left(\frac{f'}{P_{AF} + f'} \right)^2$$

$$\text{As a result: } \beta = \frac{AB \cdot CD \cdot \left(\frac{f'}{P_{AF} + f'} \right)^2}{\text{format surface (w x h)}}$$

The scale of blurriness admits a differential sensitivity in the two units, with intermediary values possible in one unit, and two thresholds:

- Threshold of potential definition PD: The threshold beyond which it would no longer be possible to recognize the object depicted in the image, but which would nevertheless make it possible to recognize its intrinsic form.
- Threshold without definition potential SDP: Boundary beyond which the object outlined would no longer be recognizable, with the form and background merging.

In carrying out these studies, the need to explore a qualitative scale correlated directly to the features of the camera lenses became apparent. The theoretical conception of this scale is obviously fundamental, but it has only relative interest if it is not applied. On the basis of various research studies, one of which was funded by the Laboratoire d'excellence des arts et médiations humaines (LABEX Arts-H2H), a prototype saw the light of day: the Flounetoscope.^[3] The device makes it possible to measure directly the quantity, and intrinsically the quality, in the transition zone under discussion since the beginning of this section. It is all the more interesting to note that the scale of blurriness and the underlying concept of the Flounetoscope incorporate an identical element with respect to the mathematical formula used. This formula is of the type:

$$\alpha = \alpha \cdot \frac{f'}{N} \left| 1 - \frac{P(P_{AF} + f')}{P_{AF}(P + f')} \right|$$

The variables were given above: α represents the enlargement of the pupil, which moves away even more than 1 when the camera lenses are not symmetrical.

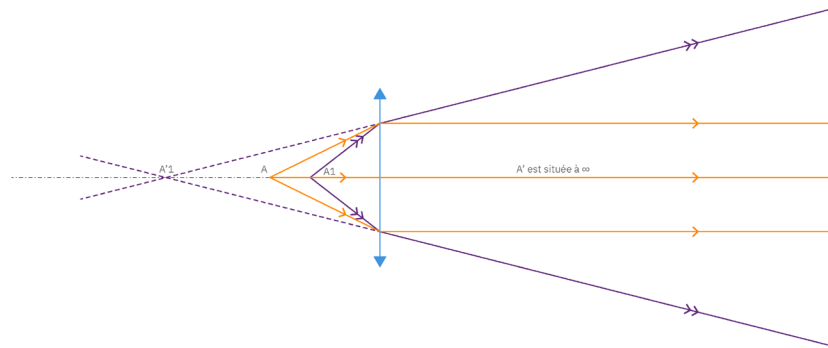
Physical Model: the Flounetoscope

Verifying the quality of a camera lens' blurriness has never been the subject of an institutional protocol, and while tests have been carried out, they have been done in an isolated manner. The idea itself is the product of an intuition,^[4] of numerous tests and a seasoned method, one associated with a research project funded by Labex Arts H2H, which gave rise to a measurement bench which was baptized the Flounetoscope. This term parses as follows: *flo* (blurriness) / *net* (sharpness) / *scope*. The first two terms require no explanation. As for the third term, it expresses the concepts measuring (as in *oscilloscope* and *ophthalmoscope*) and observation (as is *negatoscope*), but brings to mind the fact that it has deep roots in the world of cinema (*totalscope*, *Franscope*, *dyaliscope* and, of course, *CinemaScope*, to name a few).

The Optical Principle

It is necessary to return to the basic equation and explore precisely what it represents on the X-axis: the movement of an object point on the optical axis of infinity (∞) to a minimal focus distance. Because generating the position ∞ in a laboratory is at the very least difficult, opticians resort to the use of a collimator. By placing a source in its object focal point, for example, the image will form at ∞ and the rays of light will exit in parallel. Because the collimator's lens is a convergent system, if the object is placed before the object focal point it will give a real image, and the rays of light will converge when they exit; if it is placed after the object focal point, it

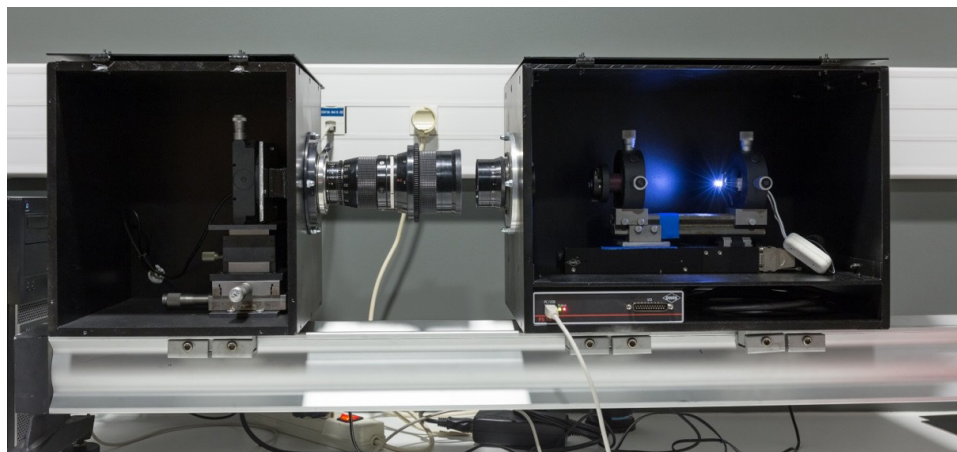
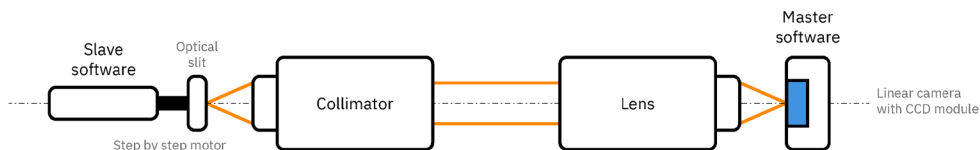
will give a virtual image on the same side as the object, and the rays of light will diverge when they exit. This is the case used here. An object placed in front of the collimator will transform this virtual image into a real object seen from a finite distance. By correlating the shifting of a source with respect to its focal distance, a collimator simulates the shifting of ∞ to a selected distance. In the diagram below, an observer will verify that A' is at infinity and that $A'1$ is at a finite distance.



Construction of a virtual image. [See database entry.](#)

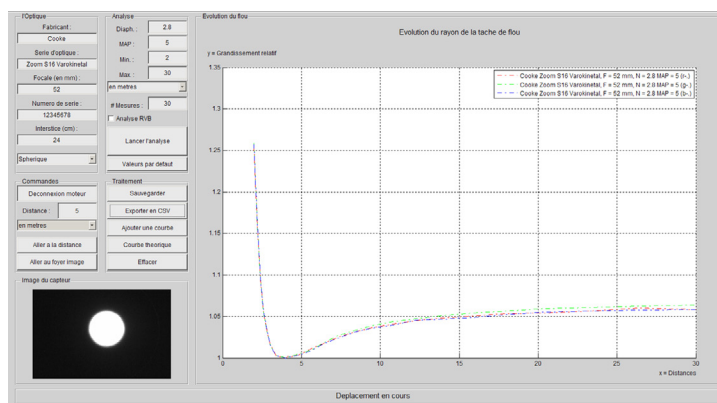
The role of the collimator is thus to simulate the shifting of an object from infinity to a minimal distance. By placing a lens and sensor in front of this device, in theory the best image would be that in which the focus distance of the lens and the distance fabricated artificially are equal. If the object is a momentary source, its image should also be momentary. If the object now shifts and the focus remains in the same place, theoretically the sensor will receive which is no longer conjugate, and which as a result will form a spot.

The principle is thus to simulate a shift in the object and to examine its image in each of the relative positions. The sensor and the lens to be studied are located in the block on the left, and in the block on the right the section which carries out the collimation.



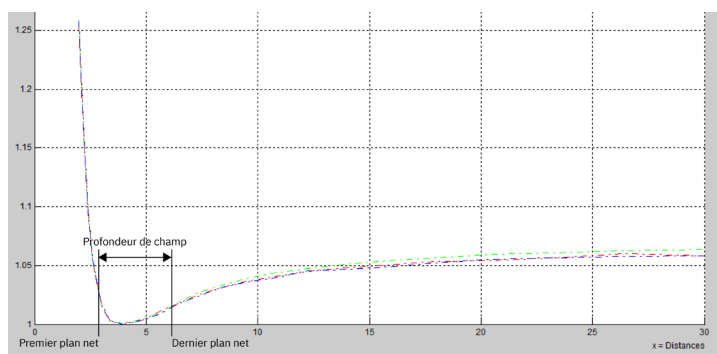
Summary flowchart and photograph of the current version of the Flounetoscope. [See database entry.](#)

The command interface makes it possible to enter all the identification features of the lens (brand, diaphragm focal distance, etc.), as well as the parameters to be studied and analysed. The results are shown on the central screen.



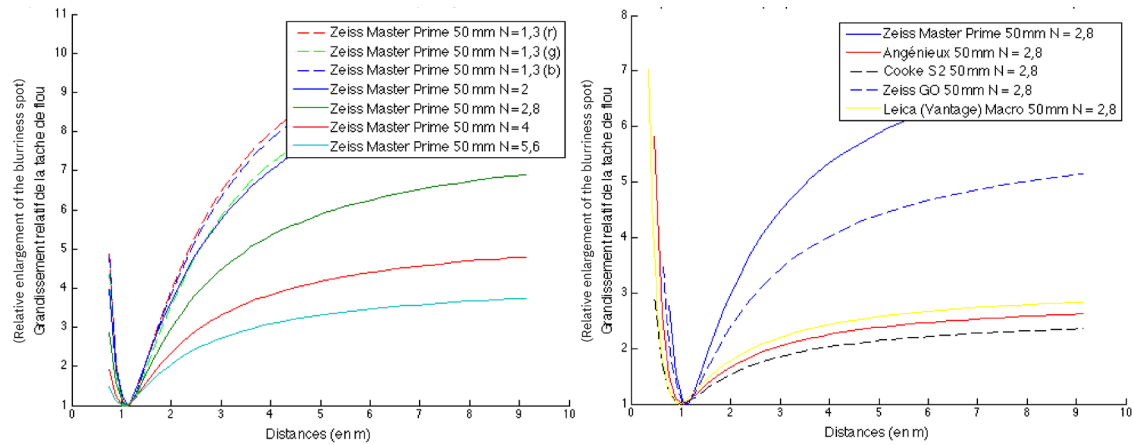
Interface of the Flounetoscope. [See database entry.](#)

The curve shows on the Y-axis the value of the relative enlargement, meaning the relation between the smallest image spot and that which is obtained. The value 1 is thus relative from one lens to another. The X-axis expresses the distance. The place where the curve admits an enlargement of 1 corresponds to the focus plane. Note that the blurriness in front grows exponentially, while the blurriness behind grows in a logarithmic manner and tends towards an asymptote. It is possible in addition to observe the scale of blurriness in the images. One can easily understand that blurriness and sharpness are in continuity by examining the following diagram, in which boundaries in front of and behind have been placed.



When blurriness meets sharpness and vice versa. [See database entry.](#)

The more closed the diaphragm is, the more the blurriness diminishes, which justifies the increase in depth of field. This can be seen in the graph. One of the advantages of the Flounetoscope is also that it can measure separately red, green and blue by layer. Sometimes, differences (chromatic aberrations in the blurriness) are perceptible, in particular in large openings. For each opening in the diaphragm of the 50 mm Zeiss Master Prime lens, the blurriness increases exponentially, except for the final notch (from 2 to 1.3), when the blurriness grows practically not at all, but where chromatic aberrations appear. The dashed lines in red, green and blue, as shown in the caption, were drawn for the 1.3 diaphragm, and it can be seen that they are no longer superimposed, unlike the other diaphragms.



Comparisons of the Zeiss Master Prime 50mm with different diaphragms, and comparison of 50 mm lenses at 4 feet. [See database entry.](#)

The Zeiss GO and the Master Prime have a blurriness rate well above the others. This result was so astonishing that the measurement was taken several times. The Zeiss 50 mm (GO and Master Prime) is a very peculiar lens with respect to blurriness. In any event, the increase in blurriness is much greater than that anticipated by optical theory (when one moves from a 40 mm lens to a 50 mm lens, the blurriness should be $50/40 = 1.2$ times greater, whereas it is $\pm 7/2 = 3.5$ times greater).



The video clip is available [online](#).

Clip from the filmed lecture “Au-delà de la profondeur de champ” given by Pascal Martin on the Flounetoscope. [See database entry.](#)

It was not possible for the scale of blurriness to result in a concrete application, or in a directly utilizable tool in practice, because of the rapid growth of digital technology. This new era standardized the use of monitors right on the film set or filming location (see the section “The Physics of Focus”), making it possible to examine and understand blurriness in a relatively reliable manner (something that was very complicated on the focusing screen of a movie camera). Nevertheless, the study did yield the fabrication of the Flounetoscope. This mediation tool has found a special place among other tools because of the heightened capabilities of high definition, as cinematographers seek to soften the image by employing older lenses. The use of a Flounetoscope facilitates this, even if the shoot is little mapped out in advance.

-
- [1] Pascal Martin, “Le flou est-il quantifiable? Étude du flou-net de profondeur en photographie et en cinéma” (PhD diss., Université Jean Monnet, 2001).
 - [2] When looking at a character from the front, the equivalent surface is seen as the product of the person’s height times their width, from armpit to armpit. Knowledgeable readers will see that the method is hardly scientific, but will at least vouch for its rapidity and originality.
 - [3] A neologism formed from the French words for blurry and sharp, *flou* and *net*.
 - [4] The technical director of Leica, met at a photography trade fair fifteen years ago, said: “The difference between our lenses and those of other brands is the quality of the blurriness, but I can’t prove it!”

A blurred, blue-tinted photograph of a person standing in a doorway, with light coming from the doorway and some out-of-focus lights in the background.

Le flou de discontinuité axiale

Blurriness and Axial Discontinuity

Le flou de discontinuité axiale

par Pascal Martin

Une technique qui vient de la photographie

Cette terminologie un peu énigmatique désigne une technique particulièrement intéressante, car elle se situe au croisement des champs esthétique, créatif, sémantique, narratologique et psychoperceptif, et n'est autre que le fruit d'un contournement. C'est initialement en photographie que celle-ci a été utilisée. Patrick Messina^[1], dont le génie créatif a permis de contourner l'utilisation première de la chambre photographique grand format en réalisant une mise au point sélective sur une partie de l'objet, en a été le *maestro* incontestable et incontesté.

Cette chambre, dont le nom n'est pas sans rappeler les techniques pionnières de la photographie, en a donc été le premier vecteur. Sa particularité était, en plus d'offrir une grande surface d'enregistrement autorisant de façon logique les très grands tirages, de permettre non seulement de redresser les perspectives – lors de la photographie de monuments, par exemple –, mais également d'obtenir une très grande profondeur de champ en raison des mouvements des corps avant et arrière, c'est-à-dire des *bascules* et des *décentremments*.

À ces termes correspondent des fonctions très particulières. Il s'agit de mouvements de translation ou de rotation qui peuvent être appliqués non seulement au corps avant (là où se trouve l'objectif), mais également au corps arrière (là où se trouve la surface d'enregistrement). Une utilisation appropriée de ces fonctions induit des modifications de perspective sur l'image, mais permet de mieux répartir le plan de netteté qu'avec un « appareil ordinaire », lorsque la mise au point est contenue dans un plan perpendiculaire à l'axe optique de l'objectif.

Il est donc nécessaire de recourir à la profondeur de champ afin de pouvoir enregistrer des objets de dimensions importantes ou étalés le long de l'axe. La conjonction de bascules et de décentremments appropriés permet de repousser les limites imposées par la fixité classique des appareils dits « rigides ».



Chambre photographique.

[Voir la fiche.](#)

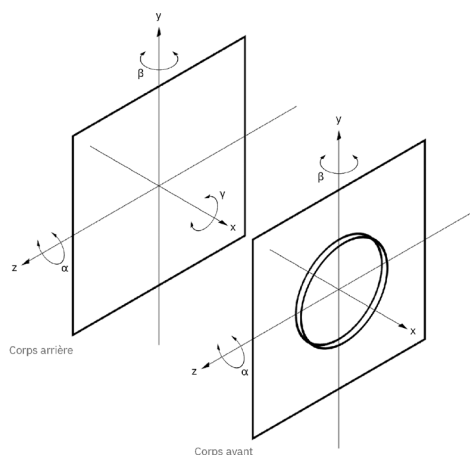
Une autre possibilité consiste à utiliser des objectifs spéciaux, nommés *shift and tilt* ou *swing and tilt* selon la terminologie anglaise. Les objectifs spéciaux dérivent technologiquement du même principe que celui utilisé sur les appareils grand format. Ils possèdent l'avantage d'être adaptables sur des boîtiers ou des caméras classiques, mais sont, en ce qui concerne les mouvements, plus limités.



Objectif *shift and tilt* utilisé en cinéma. [Voir la fiche.](#) Objectif *shift and tilt* utilisé en photo. [Voir la fiche.](#)

Les objectifs à bascules et décentrement bénéficient de fonctionnalités initialement réservées aux chambres grand format. Ces dernières possèdent deux corps indépendants dont les différents mouvements permettent une complète répartition de l'espace de netteté en profondeur^[2].

Sur les appareils dits «rigides», le film et l'objectif sont fixes et généralement alignés et perpendiculaires le long de l'axe optique. Les chambres admettent deux corps, le corps avant, où se situe l'objectif, et le corps arrière, lieu de la surface sensible. Ces corps sont indépendants et reliés par un soufflet. Chacun d'entre eux a la possibilité de se mouvoir en rotation et en translation, comme le précise le schéma synoptique suivant :



Les mouvements de la chambre photographique. [Voir la fiche.](#)

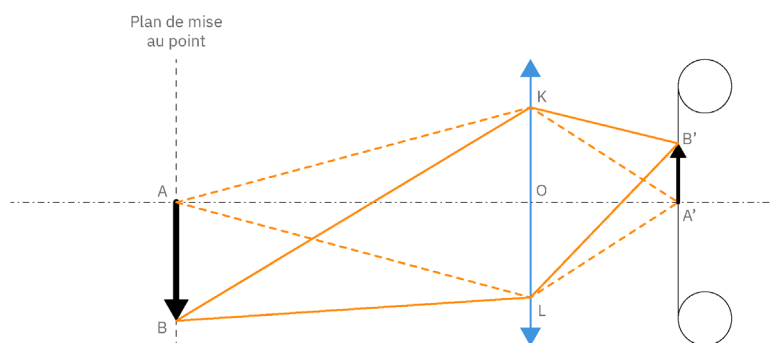
Suivant les axes x , y , z , chaque corps peut se décentrer. Autour des axes x et z , chaque corps peut se basculer suivant les rotations α et β . Autour de l'axe x , seul le corps arrière peut basculer, mais son utilisation n'est généralement dévolue qu'au changement de l'orientation du format.

Il est couramment admis qu'une bascule du corps avant permet de modifier le plan de mise au point, et celle du corps arrière, la perspective. Cette approche résolument simplifiée est en première approximation relativement juste. Cependant, la conjonction de ces différents mouvements est sur le fond beaucoup plus riche qu'il n'y paraît. Si l'utilisation la plus connue consiste à redresser les perspectives fuyantes, la modification de l'espace de netteté offre un grand nombre de possibilités.

Une règle bien utile: Scheimpflug

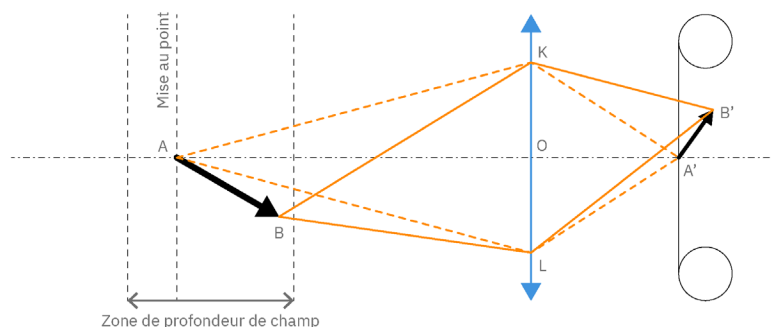
Du nom de son inventeur^[3], cette règle est fondamentale dans le but d'obtenir un espace de netteté très important. Avec un appareil classique, le plan de mise au point est perpendiculaire à l'axe optique.

Un objet AB appartenant à ce plan admettra une image nette sur le plan du film par la conjugaison optique classique. Il s'agit d'un cas élémentaire, considéré comme un « cas d'école ».



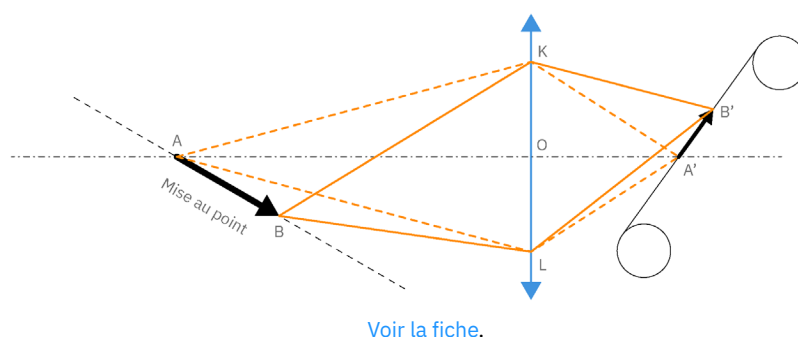
[Voir la fiche.](#)

Si l'objet AB est maintenant incliné, son image A'B' ne sera pas, en théorie, complètement sur le film ou le capteur. Afin que cette image soit nette, il faudra recourir à la profondeur de champ.

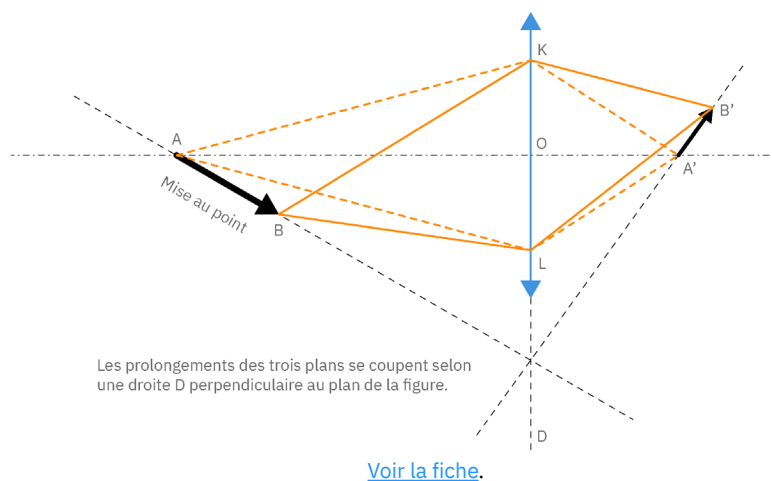


[Voir la fiche.](#)

Dans les cas où l'augmentation de la profondeur de champ n'est pas envisageable ou suffisante, afin d'enregistrer malgré tout l'objet AB de façon parfaitement nette, la seule solution est d'incliner le corps arrière afin que les points images A' et B' se trouvent sur la surface sensible.

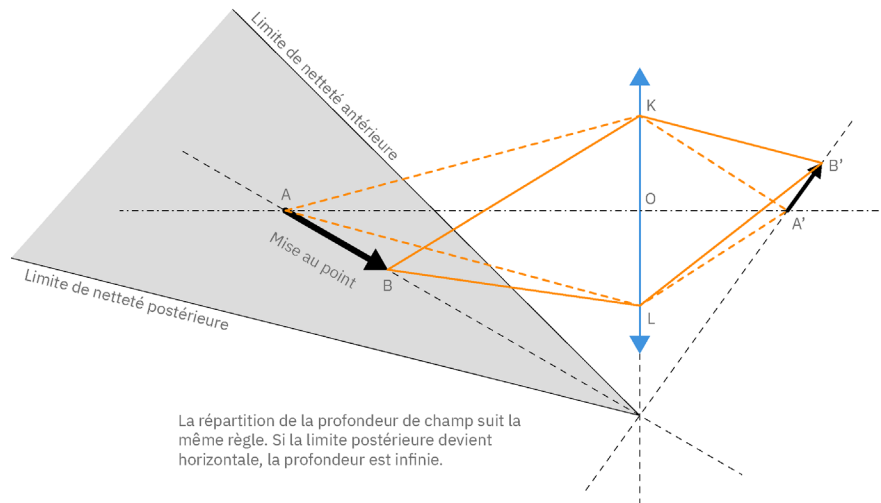


L'énoncé de la règle de Scheimpflug précise que le prolongement du plan image, celui de l'objectif et celui de l'objet se coupent suivant une droite perpendiculaire au plan de la figure. Le cas envisagé ici représente une bascule du corps arrière. L'application de la règle de Scheimpflug serait respectée si le corps arrière conservait sa position verticale, et si le plan de l'objectif basculait vers l'avant. Ce large éventail de possibilités permet de modifier la perspective des objets photographiés.



L'hypothèse simplificatrice présentée ici est celle d'un objet plan (un tableau, un échiquier ou une photographie). Dans le cas d'un volume hétérogène (une nature morte publicitaire ou une machine industrielle), il appartient au photographe de définir lui-même quel sera le plan de mise au point. C'est précisément dans ce cas que la profondeur de champ est indispensable.

La profondeur de champ suit rigoureusement la même règle. Les prolongements des plans avant et arrière se coupent également suivant la même droite définie précédemment.

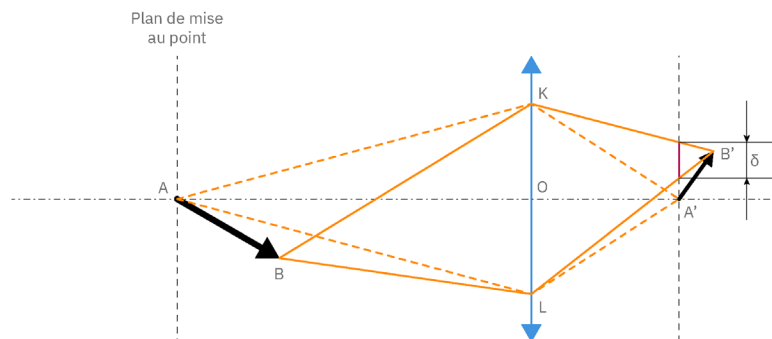


[Voir la fiche.](#)

Théorie de la discontinuité axiale

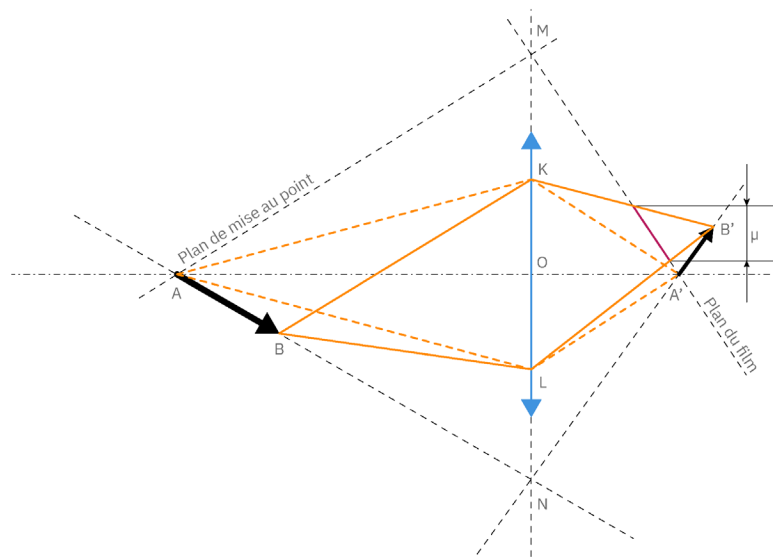
La *discontinuité axiale* désigne certes une diminution de la profondeur de champ, mais elle évoque en plus une idée de rupture dans la continuité propre à l'axe optique. Le principe est assez simple, mais encore faut-il maîtriser suffisamment les mouvements de la chambre afin d'affecter le flou là où on le désire.

En reprenant le schéma correspondant à l'objet incliné sur l'axe optique, on constate que seul le point A sera net sur le film. Le point B provoquera quant à lui une tache dont le diamètre est δ . Tous les points appartenant au segment AB donnent des taches, vérifiant une augmentation progressive de A' vers B'. Ce raisonnement est d'autant plus simple que, l'objet étant un plan, le raisonnement est à moduler suivant la forme et la nature du volume appréhendé.



[Voir la fiche.](#)

Dans l'exemple qui nous concerne, afin que B' soit sur le film, il faudrait dans ce cas incliner le plan de l'image suivant son axe principal de façon à réduire la tache B' et à faire en sorte qu'elle devienne assimilable à un point. Or, la technique consiste justement à basculer le corps arrière dans le sens opposé.



[Voir la fiche.](#)

Dans ce cas, la trace laissée par le point B' devient plus importante que précédemment. Son diamètre, noté μ , est supérieur à δ . Le schéma précise que la position du corps arrière donne dans ce cas une intersection des prolongements objet, objectif et image en M, alors que, selon la position de l'objet, l'application de la règle de Scheimpflug prévoit logiquement une intersection en N. C'est effectivement la raison pour laquelle le flou se trouve amplifié.

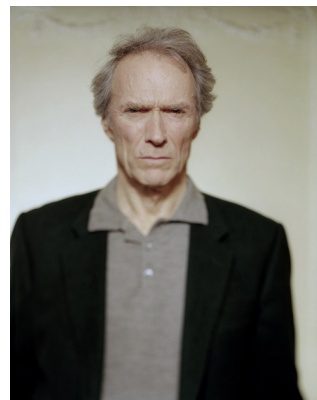
Le cas présenté ici est simple et se veut didactique. Dans la pratique, le choix du plan de mise au point dépend du sujet, mais bien sûr aussi de ce que l'on souhaite mettre en évidence ou au contraire laisser dans le vague. Par exemple, il est possible sur un visage de faire la mise au point seulement sur les deux yeux, voire sur un seul œil.

Une rupture dans le continuum visuel est ainsi créée et force le regard à se poser en premier lieu sur les zones nettes, mais cela l'attire ensuite indubitablement sur les zones floues. Dans certains cas, il faut oser le flou, mais de façon modérée, selon le type d'images à réaliser. Ainsi, lorsque Patrick Messina photographie Jean-Luc Godard ou Clint Eastwood, l'effet est à peine visible; dans son portrait de Sophie Calle, il est plus prononcé.



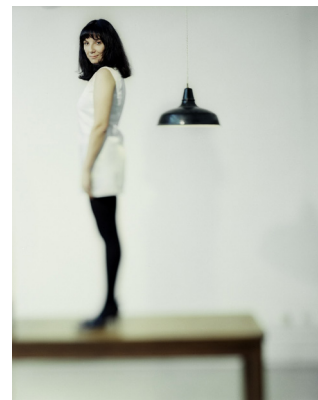
Jean-Luc Godard en 1996.

[Voir la fiche.](#)



Clint Eastwood en 1998.

[Voir la fiche.](#)



Sophie Calle en 1996.

[Voir la fiche.](#)

Cette même technologie utilisée pour photographier des environnements urbains leur donne un caractère particulier, qui pourrait être apparenté à un *effet maquette*. Le choix de cette terminologie, qui recoupe dans son acception un phénomène connu en stéréoscopie lors de l'utilisation d'un entraxe important, n'est pas fortuit. Dans un cas comme dans l'autre, la perception des éléments photographiés n'est pas conforme à la réalité, et l'impression qu'ils donnent est celle d'être à l'échelle. Un exemple est donné par les photographies suivantes.

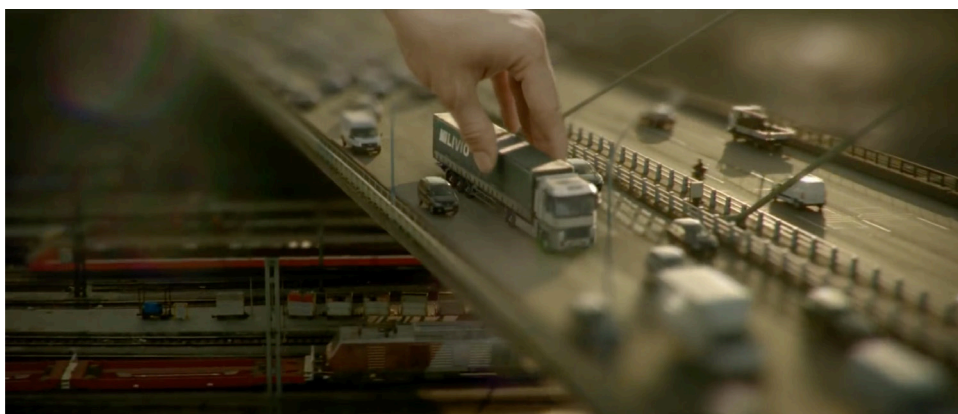


Vue de Toronto en 2004. [Voir la fiche.](#)



Vue de Tokyo en 2005. [Voir la fiche.](#)

Elles montrent des espaces urbains pris en plans larges où le flou de discontinuité axiale crée nécessairement une rupture, une sorte de frontière artificielle entre plusieurs éléments qui devraient admettre une continuité spatiale dans le net ou bien dans le flou. La question de l'authenticité se pose, et le doute quant à savoir s'il ne s'agit pas d'une maquette est permis. Rien, cependant, dans l'échelle des plans, ne permet d'étayer cette hypothèse; c'est simplement le flou qui évoque, qui catalyse cette possibilité. L'explication est fondamentalement intéressante et soulève des questionnements multiples, puisque ce n'est pas intrinsèquement ce qui est vu mais ce qui est mémorisé qui trouble notre jugement. En effet, lorsque, dans un paysage urbain, des zones floues demeurent, c'est essentiellement lorsqu'il s'agit de photographies de maquettes. Dans ce cas, la faible profondeur de champ et la légitimation des flous créent une illusion particulière qui fait appel à notre mémoire visuelle. Un exemple très inventif combinant cette technique à la prise de vues et un travail en postproduction a été réalisé par RFF (Réseau ferré de France) en 2012.



Capture d'écran du spot TV RFF « Modernisation du réseau ferroviaire » (2011). [Voir la fiche.](#)

Le cas de l'image animée offre un potentiel intéressant. Il est possible, pendant le tournage, de jouer sur ces réglages, permettant ainsi, pendant la prise de vues, de modifier l'espace de netteté de l'image. Dans l'exemple qui suit, réalisé lors d'un tournage à l'École nationale supérieure Louis-Lumière, les deux personnages situés sur le même plan sont respectivement net dans un cas et flou dans l'autre. En basculant l'objectif autour d'un axe vertical, on ramène le plan parallèle à celui du capteur, et les deux protagonistes deviennent alors nets.



Captures d'écran de *Smoke and Cigarettes* (2010). [Voir la fiche](#).

Pour clore cette rapide présentation des effets que peuvent produire certains objectifs, nous pouvons en évoquer un autre, un peu particulier: le Lens Baby. Cet objectif combine les caractéristiques des optiques *shift and tilt* et celles des *soft focus*^[4]. La conjonction de ces deux effets donne des images très intéressantes, dont les effets sont cependant un peu difficiles à reproduire d'une fois à l'autre par manque de systématisme. Dans *Le scaphandre et le papillon*, de Julian Schnabel, cet objectif est utilisé en plan subjectif afin de montrer la perception qu'a Jean-Dominique Bauby au moment où il sort du coma après son AVC.



Capture d'écran de *Le scaphandre et le papillon* (2007). [Voir la fiche](#).

.....
[1] Diplômé de l'École nationale supérieure Louis-Lumière (1990), Patrick Messina a beaucoup travaillé dans le domaine de la publicité et de la mode.

[2] De nombreuses publications de niveaux très différents existent sur les chambres grand format. Ce paragraphe ne peut traiter de toutes les applications de ce type de matériel et prétendre à l'exhaustivité. Après un bref rappel des caractéristiques de ces instruments, seuls les points relatifs à la présente recherche seront évoqués. Mathématiquement, à l'aide des transformations colinéaires, il est possible de déterminer les positions relatives de l'objet et de l'image dans l'espace. On privilégiera dans cet exposé les schémas descriptifs plutôt que les produits matriciels.

[3] Capitaine Theodor Scheimpflug (1865-1911), militaire autrichien. Il est à noter que l'optique appliquée a usé d'un grand nombre de concepts mis au point par l'armée (cartographie, stéréoscopie, télémétrie...).

[4] Objectifs pour lesquels les aberrations (défauts optiques) ne sont pas complètement corrigées et qui fournissent généralement, par leur manque de définition et le flou qu'elles provoquent, des images très douces.

Blurriness and Axial Discontinuity

by Pascal Martin

Translation: Timothy Barnard

A Technique Which Derives from Photography

This somewhat enigmatic terminology describes a particularly interesting technique, because it is located at the crossroads of the aesthetic, creative, semantic, narratological and psycho-perceptive fields, and is nothing other than the product of repurposing. The technique was initially used in photography. Patrick Messina,^[1] whose creative genius enabled him to repurpose a large-format camera chamber by creating selective focus on a part of the object, is the indisputable and undisputed master of the technique.

This chamber, whose name recalls the French term, *chambre*, for the earliest, pioneering photography techniques, was thus the first vector. In addition to offering a large recording surface, making possible, logically enough, very large prints, its peculiarity was not only to correct perspective – when photographing monuments, for example – but also to obtain very great depth of field by virtue of the movements of bodies in front and behind, meaning *shifting* and *tilting*.

These terms represent very precise functions. They describe transference or rotating movements which can be applied not only to the body in front (where the lens is found) but also to the body behind (where the recording surface is found). Appropriate use of these functions causes modifications in the image's perspective, but makes it possible to better divide the sharpness plane than with an “ordinary camera,” because the focus is contained in a plane perpendicular to the optical axis of the lens.

It is thus necessary to make use of depth of field in order to be able to record large objects or objects spread out along the axis. Mixing the appropriate shifts and tilts makes it possible to push back the boundaries imposed by the classical rigidity of so-called “rigid” cameras.

Another possibility consists in using special lenses, called “shift and tilt” or “swing and tilt” lenses. Technologically,



Photographic chamber. [See database entry.](#)

these special lenses derive from the same principle as that used with large format cameras. These cameras have the advantage of being adaptable to classical camera cases or cameras, but are more limited in terms of movements.



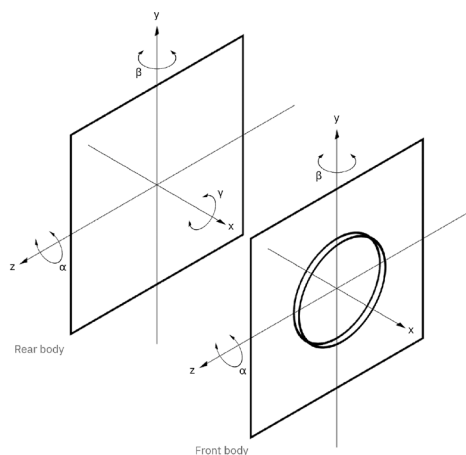
A shift and tilt lens used in cinema.
[See database entry.](#)



A shift and tilt lens used in photography.
[See database entry.](#)

Shifting and tilting lenses benefit from functionalities initially reserved for large-format cameras. The latter have two independent bodies whose different movements make possible a complete division of the space of sharpness in depth.^[2]

In so-called “rigid” cameras, the film and the lens are fixed and generally aligned and perpendicular to the optical axis. The chambers accept two bodies, the front body, where the lens is located, and the rear body, where the sensitive surface is found. These bodies are independent and connected by a bellows. Each has the possibility of moving by shifting or tilting, as the following synoptic diagram shows:



Movements of the camera chamber. [See database entry.](#)

Following the axes x , y , z , each body can tilt. Around axes x and z , each body can shift according to the rotations α and β . Around axis x , only the rear body can shift, but it is generally only used when there is a change in the orientation of the format.

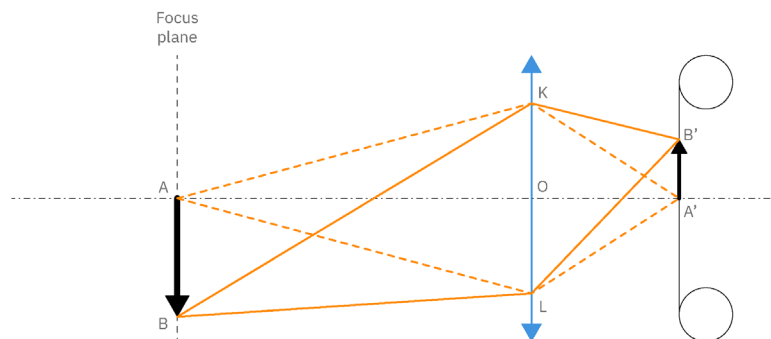
It is commonly accepted that shifting the front body makes it possible to modify the focus plane and that shifting the rear body makes it possible to modify perspective. This resolutely simplified approach, as an initial approximation, is relatively accurate. And yet the conjunction of these

different elements is at bottom much more involved than it seems. While the most common use consists in dividing receding perspectives, modifying the space of sharpness offers a great number of possibilities.

A Very Handy Rule: Scheimpflug

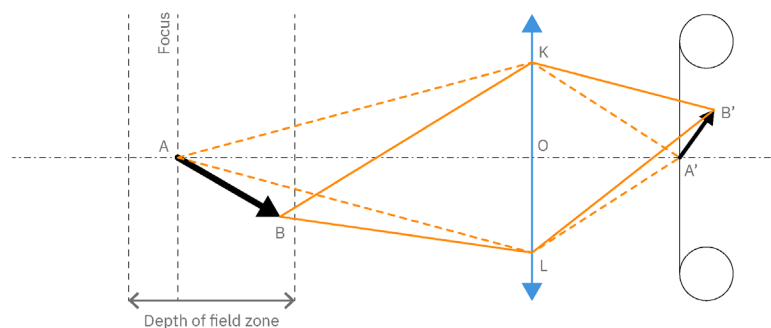
This rule, named after its inventor,^[3] is fundamental to obtaining a very large space of sharpness. With a classical camera, the focus plane is perpendicular to the optical axis.

An object AB pertaining to this plane admits a sharp image on the plane of the film by means of a classical optical conjugate. This is an elementary case, seen as a “textbook model.”



[See database entry.](#)

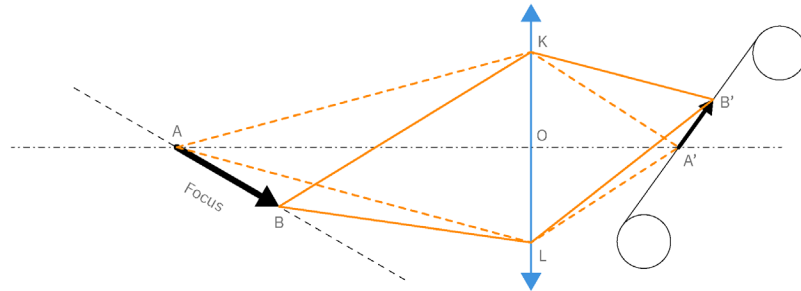
If the object AB is now inclined, its image A'B' will not, in theory, appear completely on the film or sensor. For this image to be sharp, it is necessary to have recourse to depth of field.



[See database entry.](#)

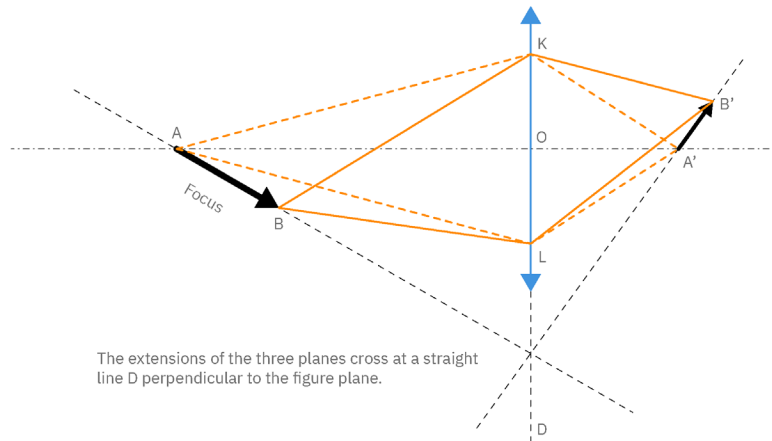
In cases where an increase in the depth of field is not possible or sufficient, the only solution whereby the object AB can be recorded in a perfectly sharp manner is to tilt the rear body so that the points A' and B' are located on the sensitive surface.

The Scheimpflug rule states that extending the image plane, the plane of the lens and that of the image intersect on a line perpendicular to the plane of the figure. The case depicted here shows a shifting of the rear body. Application of the Scheimpflug rule would be respected if the rear body



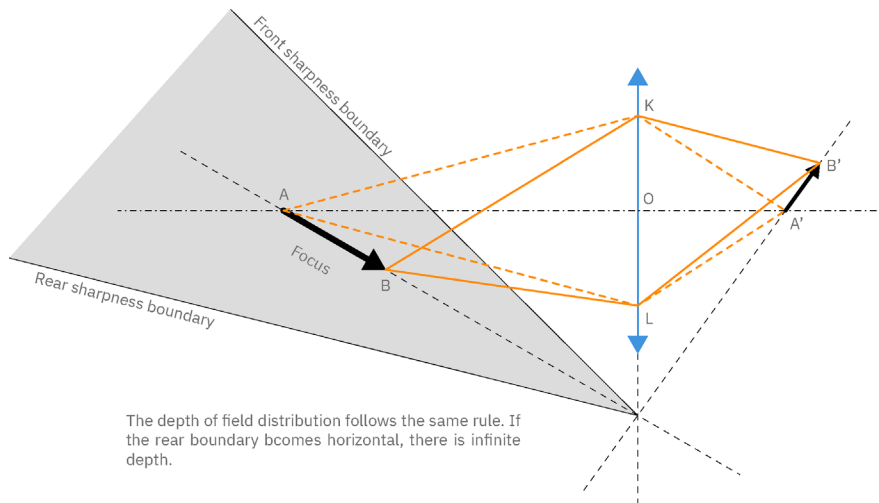
[See database entry.](#)

preserved its vertical position, and if the plane of the lens shifted towards the front. This broad range of possibilities makes it possible to modify the perspective of the objects photographed.



[See database entry.](#)

The simplifying hypothesis presented here is that of an object plane (a painting, a chess board or a photograph). In the case of a heterogeneous volume (a still life advertisement or an industrial machine), photographers must themselves define what the focus plane will be. It is precisely in this case that depth of field is indispensable. Depth of field rigorously follows the same rule. The extensions of the front and rear planes also intersect on the same line defined above.

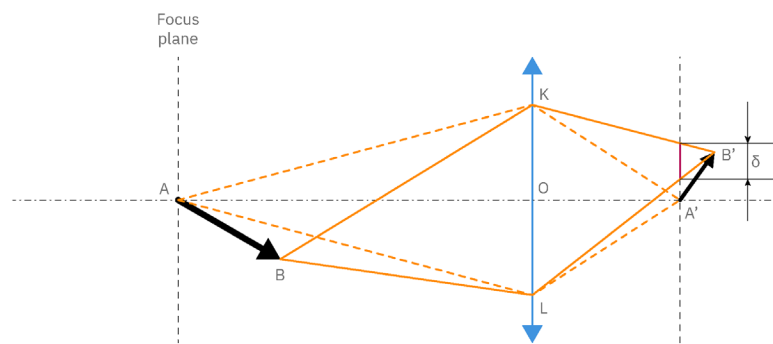


[See database entry.](#)

The Theory of Axial Discontinuity

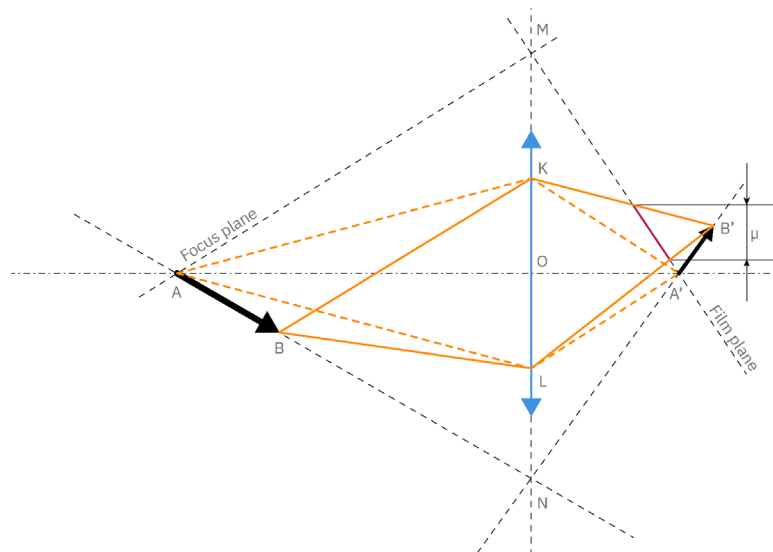
Axial discontinuity describes a decrease in depth of field, of course, but in addition it refers to the idea of a break in the continuity specific to the optical axis. The principle is fairly simple, but one must master the movements of the camera sufficiently well in order to move the blurriness to where one wants it.

If we look at the diagram corresponding to the object inclined on the optical axis, we see that only point A will be sharp on the film. Point B, for its part, will create a spot whose diameter is δ . Every point pertaining to the segment AB gives spots, verifying a gradual progression from A' to B'. This reasoning is even simpler in that, the object being a plane, the reasoning can be modulated according to the form and nature of the perceived volume.



[See database entry.](#)

In the example that concerns us, in order for B' to be on the film, it is necessary in this case to incline the image plane along its principal axis so as to reduce the spot B' and make it a point. For this the technique consists, precisely, in shifting the rear body in the opposite direction.



[See database entry.](#)

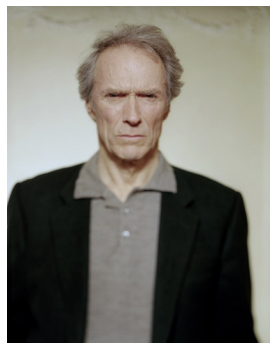
In this case, the trace left by the point B' becomes greater than before. Its diameter, indicated as μ , is superior to δ . The diagram shows that in this case the position of the rear body gives an intersection of the extensions of the object, lens and image in M, whereas, according to the position of the object, application of the Scheimpflug rule foresees logically an intersection at N. This, in fact, is why the blurriness is amplified.

The present case is simple and intended to be didactic. In practice, the choice of the focus plane depends on the subject, but also, naturally, on what one wishes to draw attention to or, on the contrary, leave vague. In the case of a face it is possible, for example, to focus solely on the eyes, or even just on one eye.

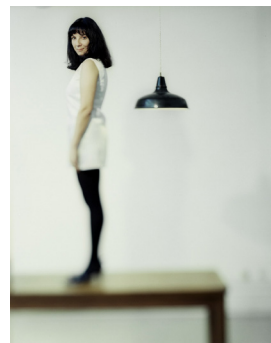
A break in the visual continuum is thereby created, forcing our gaze to rest in the first instance on the sharp zones, but this indubitably then draws the gaze to the blurry zones. In some cases, one must take the dare of blurriness, but in moderate fashion, according to the kind of image being created. Thus when Patrick Messina photographs Jean-Luc Godard or Clint Eastwood, the effect is barely visible; in his portrait of Sophie Calle, it is more pronounced.



Jean-Luc Godard in 1996.
[See database entry.](#)



Clint Eastwood in 1998.
[See database entry.](#)



Sophie Calle in 1996.
[See database entry.](#)

The same technology used to photograph urban environments gives them a peculiar quality, which could be described as a *scale-model effect*. This choice of terminology, which encompasses a phenomenon seen in stereoscopy when a large centre distance is used, is not by chance. In each case, our perception of the photographed elements does not conform to reality, and the impression they give is that of being to scale. An example can be seen in the following photographs.

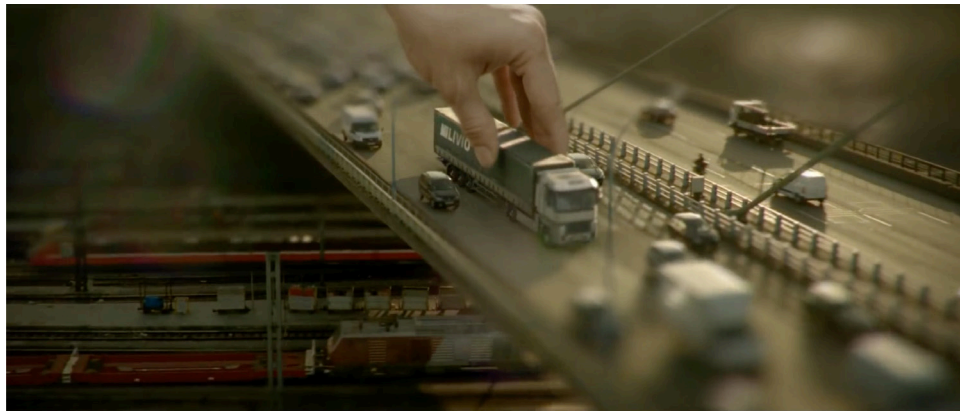


View of Toronto in 2004. [See database entry.](#)



View of Tokyo in 2005. [See database entry.](#)

These photographs show urban spaces taken in wide-angle shots in which the blurriness of axial discontinuity necessarily creates a rupture, a kind of artificial boundary between several elements which should admit spatial continuity in both the sharpness and the blurriness. The question of authenticity arises, and doubt as to whether the image is a scale model is justified. Nevertheless, nothing in the scale of the shots backs up this hypothesis; it is simply the blurriness which suggests and prompts this possibility. The explanation is inherently interesting and raises many questions, because intrinsically what clouds our judgement is not what is seen but rather what is remembered. Indeed, when blurry zones remain in an urban landscape it is essentially when we are looking at photographs of scale models. In this case, the shallow depth of field and the legitimization of blurriness create a peculiar illusion which calls on our visual memory. A very inventive example combining this shooting technique with post-production work was created by RFF (Réseau ferré de France) in 2012.



Screenshot from a RFF TV commercial: “Modernisation du réseau ferroviaire” (2011). [See database entry.](#)

Animated images have interesting potential. During shooting, it is possible to play with these adjustments, making it possible to modify the space in which the image is sharp. In the following example, made during a shoot at the École nationale supérieure Louis-Lumière, the two characters on the same plane are sharp in one image and blurry in the other. By shifting the lens around a vertical axis, the plane is made parallel with that of the sensor, and the two protagonists become sharp.



Screenshots from *Smoke and Cigarettes* (2010). [See database entry.](#)

To conclude this rapid introduction to the effects which certain lenses can produce, mention could be made of a somewhat peculiar example: the Lens Baby. This lens combines the features of the shift and tilt lens and those of soft focus lenses.^[4] The conjunction of these effects gives

very interesting images whose effects are nevertheless difficult to reproduce because they are not systematic. In Julian Schnabel's film *The Diving Bell and the Butterfly* (2007), this lens is used in a subjective shot to show Jean-Dominique Bauby's perception the moment he comes out of a coma following a stroke.



Screenshot from *The Diving Bell and the Butterfly* (2007). [See database entry.](#)

-
- [1] A graduate of the École nationale supérieure Louis-Lumière (1990), Patrick Messina has worked a great deal in the fields of advertising and fashion.
 - [2] Numerous publications of very different levels exist on large-format cameras. This paragraph cannot discuss every application of this kind of equipment or claim to be exhaustive. Following a brief review of the features of these instruments, only matters relative to the present research will be discussed. Mathematically, using collinear transformations, it is possible to determine the relative positions of the object and the image in space. In this presentation, we will privilege descriptive diagrams rather than the products of matrices.
 - [3] Theodor Scheimpflug (1865-1911), Austrian army captain. Note that the lens in question used a great number of concepts developed by the military (mapmaking, stereoscopy, telemetry, etc.).
 - [4] These latter are lenses whose aberrations (optical defects) have not been entirely corrected and which, because of their lack of definition and the blurriness they create, generally provide very soft images.

A blurred, blue-tinted photograph of a person standing in a doorway, possibly in a laboratory or office setting. The person is silhouetted against the light coming from the doorway. The background shows some indistinct shapes and lights.

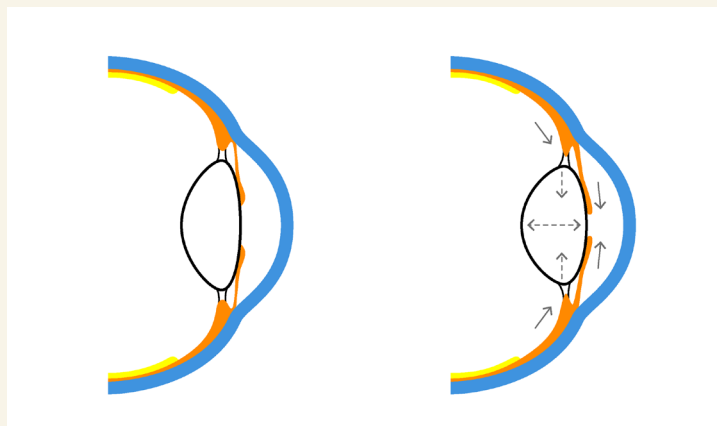
Annexe

Addendum

Les mécanismes de l'accommodation

par Pascal Martin

Physiologiquement, l'angle de vision nette est très étroit et fait référence à la zone centrale de l'œil, la fovéa, constituée uniquement de cônes. Pour un emmétrope, donc une personne ne souffrant d'aucune amétropie, lorsqu'une tache se forme sur plusieurs des cellules du bouquet fovéal (partie la plus précise de la fovéa), un mécanisme complexe, passant par le parasympathique pour l'accommodation et le sympathique pour la désaccommodation, informe le muscle ciliaire, qui se contracte ou se relâche selon le cas. Des fibres qui y sont rattachées – la zonule de Zinn, ou zonule cristallinienne – assurent alors le lien avec la capsule, sac dans lequel est renfermé le cristallin, provoquant la modification de sa cambrure afin de permettre la mise au point. Cette opération est provoquée en amont par une contraction pupillaire, ou myosis, comme pour adoucir cet état transitoire. Plus précisément, lorsque le muscle ciliaire est relâché, il maintient les fibres radiales de la zonule cristallinienne sous tension. Celles-ci exercent alors une traction centrifuge sur l'équateur et la périphérie de la capsule du cristallin; elles aplatissent ainsi les courbures de celui-ci, principalement l'antérieure. Lorsqu'à l'inverse, le muscle ciliaire se contracte, il relâche sa tension sur les fibres de la zonule; le cristallin n'étant plus soumis à leur traction, il peut alors se relâcher, grâce à son élasticité et, en particulier, à celle de sa capsule.

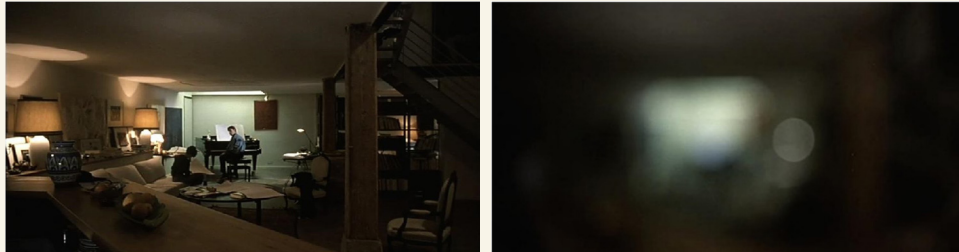


Principe de l'accommodation, d'après Glasser: repos (à gauche) et accommodation (à droite). [Voir la fiche.](#)

Cette lentille molle est assez fascinante pour qui possède quelques notions d'optique appliquée. Isotrope, transparente (sauf en cas de cataracte), elle est inhomogène, car son indice de réfraction n'est pas le même en tout point, et elle varie suivant la déformation de sa structure. Indépendamment de ses caractéristiques morphologiques, il convient de souligner ces extraordinaires propriétés d'accommodation tant en ce qui concerne sa rapidité que son adaptabilité aux différentes ambiances lumineuses.

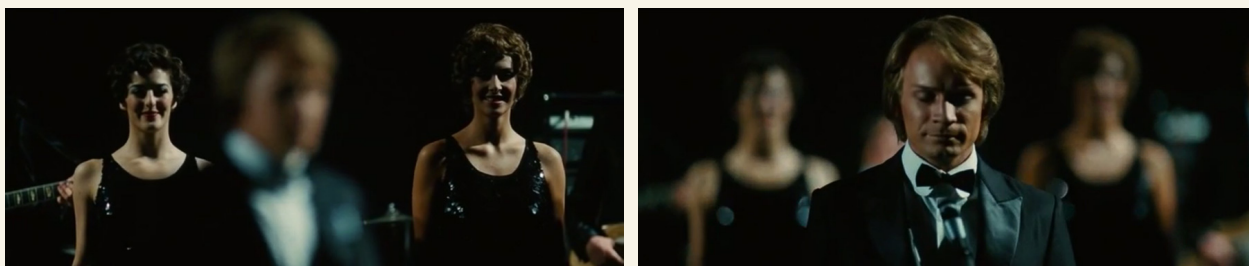
Illustrations

Il est particulièrement rare pour un œil non exercé de se concentrer sur des parties qui deviennent de plus en plus floues, sauf quand elles seules restent à l'écran comme c'est le cas dans *Bleu* de Kieślowski.



Bascule de point vers un flou sans potentiel de définition dans *Trois couleurs: Bleu* de Krzysztof Kieślowski (1993). [Voir la fiche](#).

Dans un tout autre registre, car il n'existe pas « un cinéma » mais « des cinémas », il faut réserver une mention toute particulière au film de Florent-Emilio Siri avec Jérémie Renier, *Cloclo*, retraçant le destin tragique d'une icône de la chanson française des années 1970, Claude François, décédé à l'âge de 39 ans. Dans ce film, un plan est très frappant, celui où on assiste à l'arrivée du chanteur sur scène, juste avant le lever de rideau. Ce plan est suivi par un long travelling latéral qui accompagne le chanteur dans son déplacement, alors qu'il passe tour à tour devant ses musiciens, ses choristes, ses danseuses. Le point n'est pas sur lui, mais sur eux. Tous le regardent avec admiration. Lui est dans le flou. Il se trouve ensuite face à la caméra, toujours dans le flou. Le plan se termine par une bascule de point, où il devient enfin net. Pour comprendre ce jeu un peu particulier et ce choix scénique, il faut décrire la scène qui a précédé ce plan. Un coursier récupère à même le tarmac d'un aéroport une enveloppe que lui remet un agent de bord sur la passerelle d'un avion de ligne. Cette enveloppe est acheminée dans la loge de Claude François. Elle contient un disque vinyle 45 tours. Alors que le chanteur le place sur l'électrophone, on peut lire la date sur le disque : le 7 octobre 1968. Il s'agit de *My Way*, version de *Comme d'habitude*, chantée par Frank Sinatra. Le flou que nous avons décrit précédemment est donc là pour montrer encore une fois une transition, celle qui confère au chanteur un statut de star et lui donne une dimension internationale. Pour utiliser une expression un peu convenue, on pourrait dire qu'il est alors sur « son nuage ».



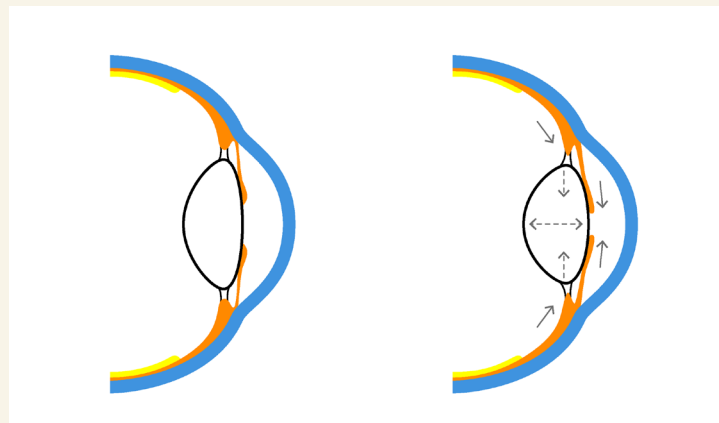
Flou en premier plan sur l'objet principal dans *Cloclo* de Florent-Emilio Siri (2012). [Voir la fiche](#).

The Mechanisms of Accommodation

by Pascal Martin

Translation: Timothy Barnard

Physiologically, the angle of clear vision is very narrow and refers to the central part of the eye, the fovea, made up solely of cones. For an emmetrope, meaning someone who does not suffer from any ametropia, when a spot forms on several of the cells of the central foveal bouquet (the most precise part of the fovea), a complex mechanism, by means of the parasympathetic in the case of accommodation and the sympathetic for disaccommodation, informs the ciliary muscle, which contracts or relaxes accordingly. The fibres attached to it – the zonule of Zinn, or the crystalline zonule – makes the connection with the capsule, a sack in which the crystalline is enclosed, giving rise to the modification of its curvature in order to make focus possible. This operation is set in motion by a contraction of the pupil, or myosis, as if to soften this temporary state. More precisely, when the ciliary muscle is relaxed, it holds the radial fibres of the crystalline zonule in a state of tension. These fibres then exercise centrifugal traction on the equator and periphery of the crystalline capsule, thereby flattening its curvature, principally its anterior curvature. When, inversely, the ciliary muscle contracts, it relaxes its tension on the zonule fibres; the crystalline no longer being subject to their traction, it can relax, thanks to its elasticity and in particular the elasticity of its capsule.



The principle of accommodation, based on Glasser: rest (at the left) and accommodation (at the right). [See database entry.](#)

This soft lens is quite fascinating for anyone with some knowledge of applied optics. Isotropic and transparent (except in the case of cataracts), it is inhomogeneous, because its refractive index is not the same at every point, and varies according to the deformation of its structure. Apart from its morphological features, it is worth emphasizing these extraordinary properties of accommodation, with respect to both its rapidity and its adaptability to different levels of light.

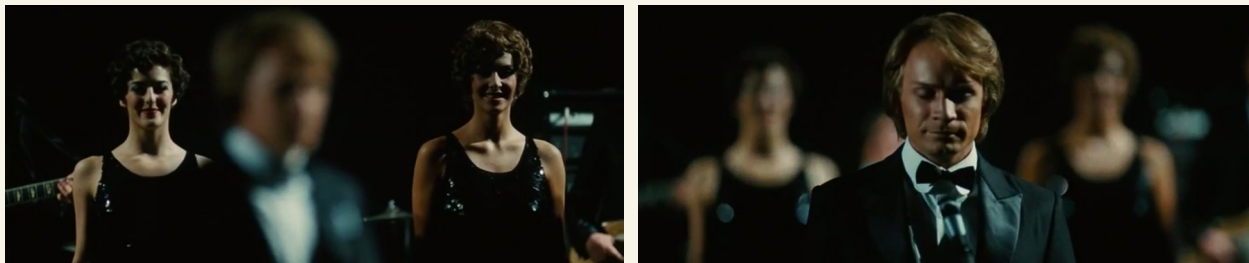
Illustrations

It is exceptionally rare for an untrained eye to focus on the areas which become increasingly blurry, except when they alone remain on the screen, as in Kieślowski's film *Bleu*.



A rack focus to blurriness with no potential for definition in Krzysztof Kieślowski's *Trois couleurs : Bleu* (1993). [See database entry.](#)

In a completely different vein, because there is no one “cinema” but rather “cinemas,” we must give special mention to a film by Florent-Emilio Siri, *Clo clo* with Jérémie Renier, which traces the tragic fate of an icon of French song in the 1970s, Claude François, who died at the age of 39. One shot in this film is quite striking: the one in which we see the singer arrive on stage just before the curtain is raised. This shot is followed by a long lateral tracking shot following the singer as he passes in front of his musicians, back-up singers and dancers. He is not in focus; they are. They are all looking at him in admiration. His image is blurry. He is then shown facing the camera, still in soft focus. The shot ends with a rack focus, in which he finally comes into focus. To understand this somewhat peculiar play and this choice of staging, we must describe the scene which preceded this shot. A courier receives an envelope right on the tarmac of an airport from a flight attendant on the gangway of a commercial airplane. This envelope is taken to the dressing room of Claude François. It contains a 45 RPM record. As the singer places it on a record player, we read the date on the record: 7 October 1968. The record is “My Way,” a version of “Comme d’habitude,” sung by Frank Sinatra. The blurriness described above is thus there to show, once again, a transition, one which confers the status of star on the singer and gives him an international dimension. To employ a somewhat conventional expression, we might say that we see him “in the clouds.”



Blurriness of the main subject in the foreground, in *Clo clo* (*My Way*, 2012), by Florent-Emilio Siri. [See database entry.](#)