

Cercle de confusion

Circle of Confusion

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.

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*.

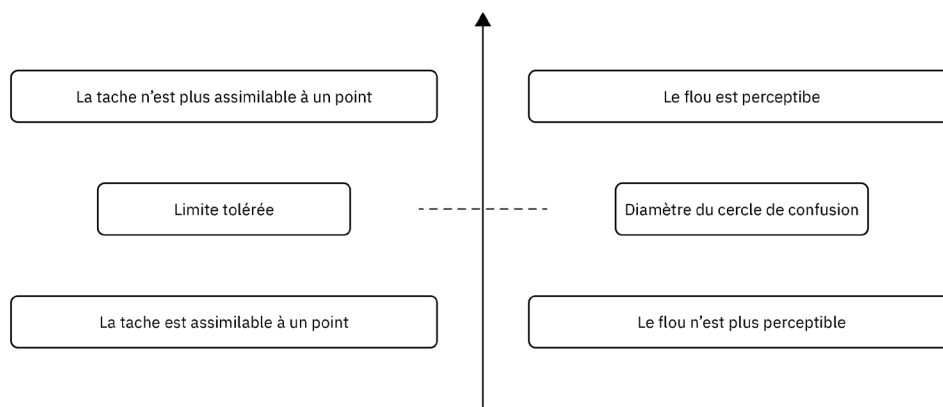
This work was initially published in 2022 as a [thematic parcours](#) of the *Encyclopedia of Film Techniques and Technologies*.

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 *fouïcité 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.

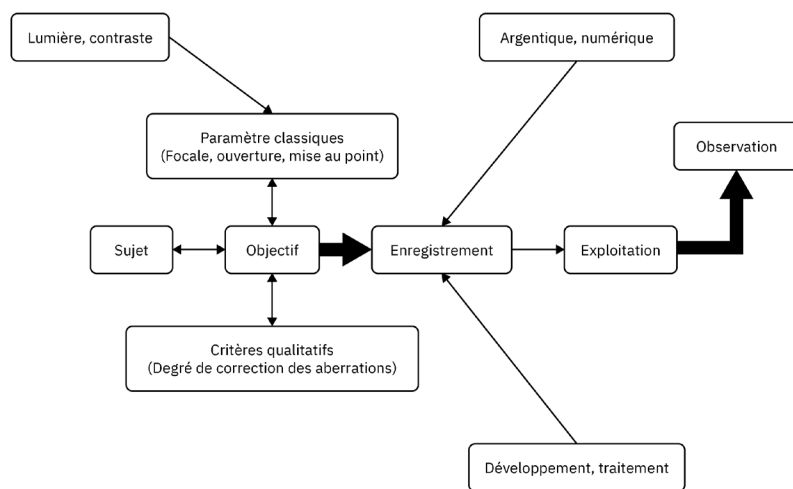
Dans le cas de la profondeur de champ, le problème posé revient indubitablement à se pencher sur l'intervalle d'acceptation et à en déterminer les limites. Le principe de la quantification serait justement d'éviter cette dissociation et d'analyser le phénomène dans son intégralité. À mesure que l'on 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.

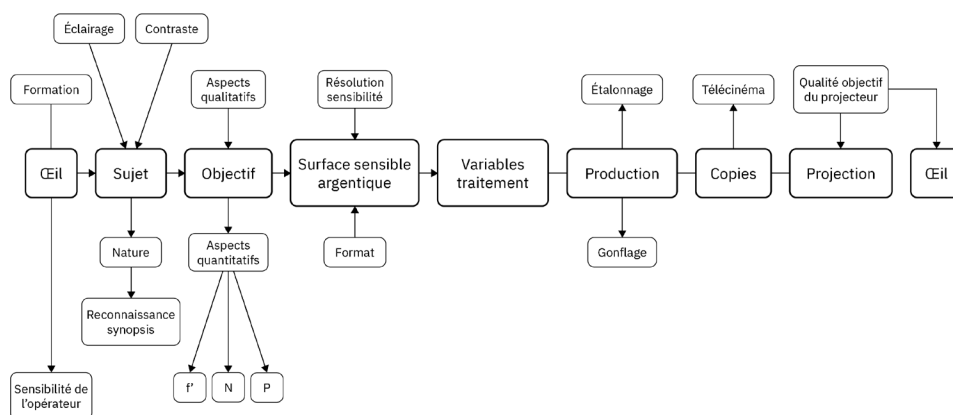
La façon dont le flou évolue peut *a priori* se caractériser mathématiquement^[6] comme un prolongement de l'étude physique de la profondeur de champ. La façon dont il est perçu est beaucoup plus délicate, car on fait intervenir des phénomènes propres à la vision. Plusieurs théories de la perception 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.

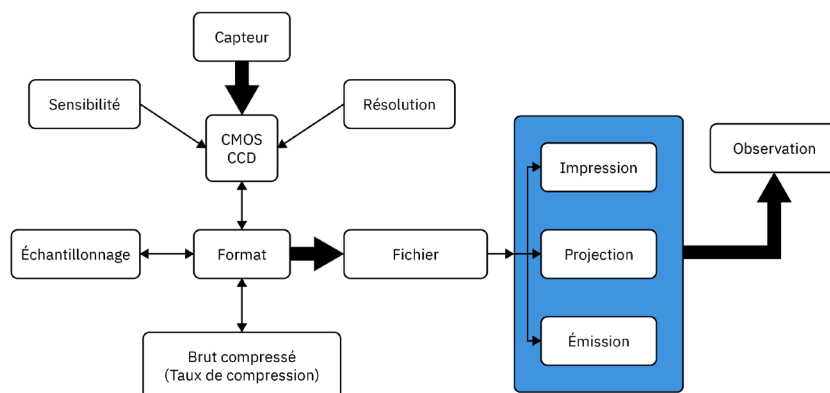


Organigramme récapitulatif. [Voir la fiche.](#)

Deux autres organigrammes complètent le précédent. L'un correspond à la période argentine, 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.

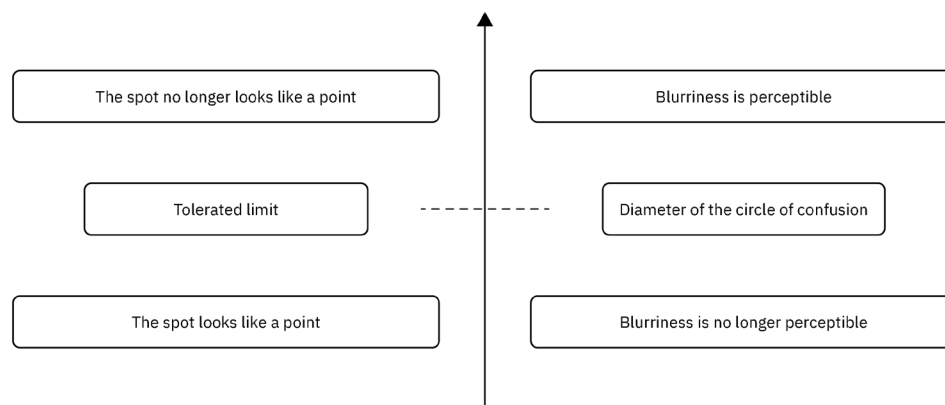
Circle of Confusion

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.

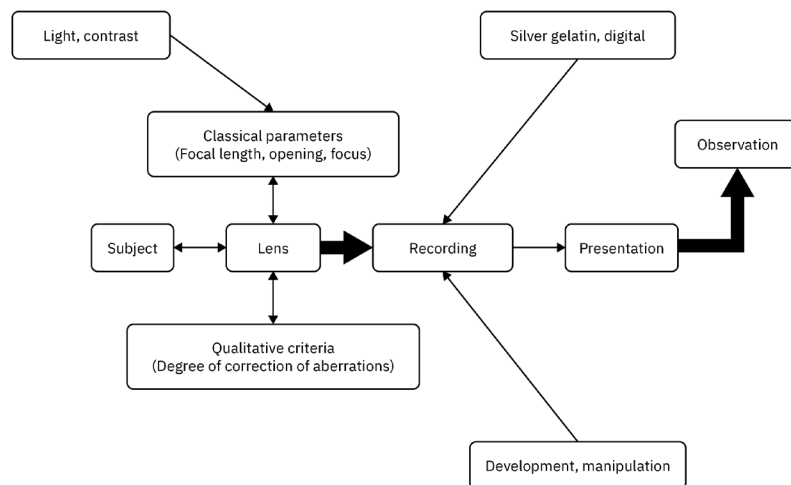
In the case of depth of field, the problem posed undoubtedly boils down to addressing the acceptance interval and determining its boundaries. The principle of the quantification is thus to avoid this separation, precisely, and to analyse the phenomenon in its entirety. As the distance from this zone 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.

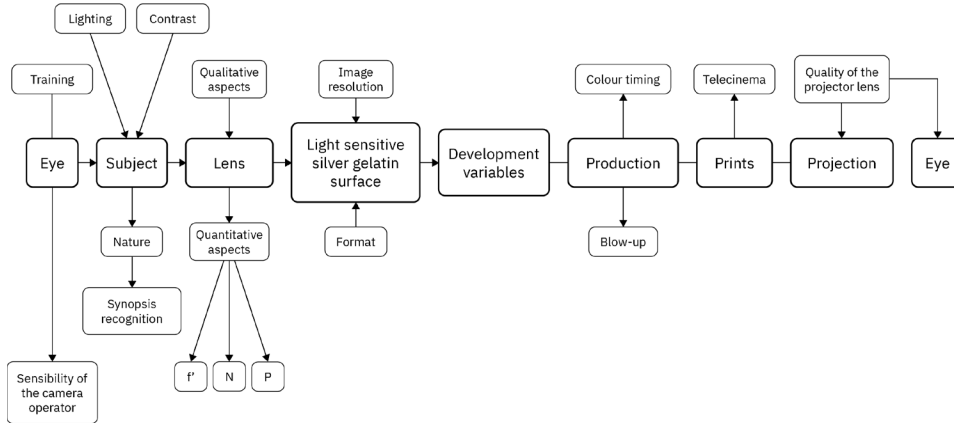
The way in which blurriness changes can be described mathematically^[6] in principle as an extension of studies in physics of depth of field. The way in which it is perceived is a much more delicate matter, because phenomena specific to vision come into play. Several theories of perception draw on, in 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.

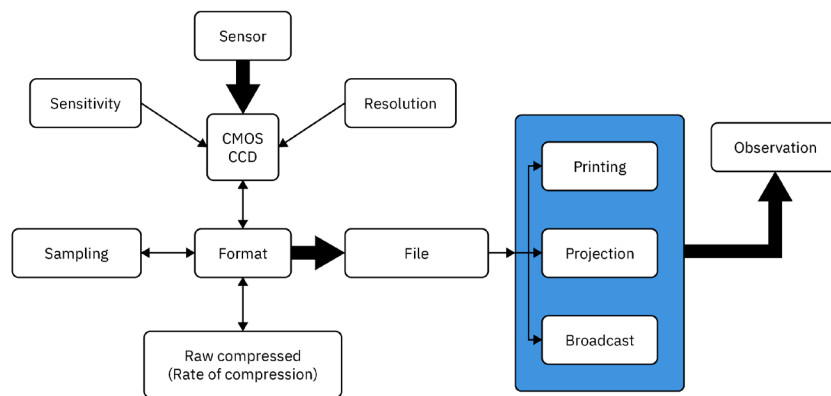


Recap flowchart. [See database entry.](#)

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.