

Zeitschrift: Revue suisse de photographie
Herausgeber: Société des photographes suisses
Band: 11 (1899)
Heft: 6

Artikel: Le pouvoir optique de l'objectif photographique
Autor: Amann, Jules
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-524185>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation


L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)


Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Le pouvoir optique de l'objectif photographique.

But de ce travail.

E but que je me propose d'atteindre dans ce travail, peut être résumé comme suit :

1° Définir le pouvoir optique de l'objectif photographique et déterminer les facteurs dont ce pouvoir dépend.

2° Arriver à une expression simple et pratique de ce pouvoir.

3° Arriver, par ce moyen, à une désignation rationnelle et générale des objectifs.

Définition du pouvoir optique.

Je définirai d'une manière générale le *pouvoir optique* d'un objectif: *la mesure de la propriété qu'il possède de remplir à un degré plus ou moins parfait, le but spécial auquel il est destiné.*

C'est ainsi que le pouvoir optique d'un objectif de télescope sera l'expression de la propriété fondamentale de cet instrument de donner des images distinctement séparées et délimitées de points lumineux dont la distance angulaire est très petite. Ce pouvoir se mesurera, par exemple, par l'écartement minimum des deux composantes d'une étoile double que l'objectif pourra *séparer*.

On sait que le pouvoir optique d'un objectif de télescope est limité par les trois facteurs principaux : aberration par

diffraction, aberration chromatique et aberration sphérique. Pour un état donné de correction des deux dernières, le pouvoir optique d'un tel objectif ne dépendra que de son ouverture et de sa distance focale.

Quant à l'objectif de microscope, le but qu'il doit remplir, est autre : son pouvoir optique sera la mesure de la propriété qu'il doit posséder de donner une image amplifiée et aussi fidèle que possible d'une structure microscopique, c'est-à-dire composée d'éléments très rapprochés et disposés dans un certain ordre.

Ce pouvoir optique sera d'autant plus considérable que l'image qu'il fournira d'une telle structure sera plus conforme à la réalité, cette image étant du reste suffisamment amplifiée pour que les détails de la structure puissent être perçus distinctement par l'œil armé de l'oculaire.

On sait, depuis les recherches d'Helmholtz et d'Abbé, que les phénomènes de diffraction jouent un rôle capital dans la formation de l'image microscopique, mais ce rôle est différent de celui qu'ils jouent dans le télescope. Le pouvoir optique de l'objectif du microscope dépendra donc de son ouverture angulaire, de sa distance focale et de l'état de correction des aberrations.

Ce que nous demandons à un objectif photographique est encore différent : il doit donner, sur la plaque sensible, une image aussi exacte que possible des objets que nous voulons reproduire. Il faut, en outre, pour des raisons pratiques, que cette image soit suffisamment actinique pour que l'impression de la plaque se fasse dans certaines conditions de rapidité. La question d'amplification (négative dans le cas particulier) n'a ici qu'une importance secondaire, par contre, il est nécessaire que l'angle embrassé par l'objectif aît une certaine valeur, variable du reste, suivant les cas considérés.

Mais avant de poursuivre, il importe de faire une distinction très importante entre le but théorique de l'objectif

photographique et le but pratique qu'il est appelé à remplir. Cette distinction porte sur le degré de fidélité que nous exigeons de l'image. Le but théorique que devra remplir l'objectif, dans le cas par exemple où il servira à la photographie scientifique, sera évidemment, comme pour les objectifs du télescope et du microscope, de fournir des objets extérieurs, une image aussi conforme à la réalité que possible. Il devra nous rendre, par exemple, tous les détails de forme et de couleur (ces derniers, pour le moment, d'une manière forcément très imparfaite) de l'objet photographié ; nous lui demanderons même d'imprimer sur la plaque des détails immédiatement invisibles à l'œil humain.

Cette faculté de rendre fidèlement les détails est, ici aussi, sous la dépendance des phénomènes de diffraction : la dimension angulaire des plus petits détails que l'objectif pourra rendre nettement dépend, en effet, pour un état donné de correction des aberrations (celles-ci étant prises *sensu lato*), de l'ouverture active de l'objectif.

Le pouvoir optique, correspondant à ce but théorique, dépendra, comme pour le télescope et le microscope, de l'amplification relative, c'est-à-dire de la distance focale de l'objectif. En pratique, les conditions sont tout autres : la fidélité absolue de l'image n'est pas le but que nous poursuivons ; nous demandons plutôt à l'objectif de fournir une représentation des objets *aussi conforme que possible à celle que nos yeux nous en donnent directement*. Non seulement nous subordonnons la perfection de l'appareil photographique à celle de notre organe visuel, mais nous admettons encore tacitement qu'elle doit rester en quelque sorte inférieure à cette dernière, de manière à ne pas reproduire certains détails qui, lors même qu'ils sont perçus par notre œil, sont éliminés de l'impression finale produite par une inattention habituelle ou volontaire.

C'est ainsi qu'en contemplant un paysage, nous faisons

abstraction des mouches qui passent et que nous serions choqués de les retrouver figurées sur le cliché : nous désirerions même, par exemple, que l'objectif ne vît pas les fils téléphoniques et télégraphiques qui envahissent de plus en plus le ciel des phototypes.

Cette importance moindre accordée à la reproduction des détails, enlève pratiquement toute importance à l'aberration par diffraction, ceci d'autant plus que, grâce aux conditions optiques spéciales auxquelles l'objectif photographique est soumis, l'influence de la correction des aberrations, surtout de celles des faisceaux obliques, sur la qualité de l'image photographique est bien plus considérable que l'action exercée par les phénomènes de diffraction dans les conditions usuelles d'ouverture.

Nous pouvons de même faire abstraction du facteur *amplification relative* dès que nous considérons le pouvoir optique correspondant à la destination pratique de l'objectif. En effet, ce que nous demandons à ce dernier, est de fournir une image dont les dimensions relatives sont précisément celles qui correspondent à sa distance focale absolue. Si nous voulons employer une plaque d'un format donné, par exemple, nous ne dirons pas qu'un objectif remplit mieux son but parce qu'il a une distance focale plus considérable qu'un autre. Ce facteur n'interviendra donc, dans l'évaluation du pouvoir optique, qu'en tant qu'il déterminera, pour une ouverture utile absolue et un champ d'image de dimensions données, la *clarté* et l'*angle de champ* de l'objectif. Ceci posé, nous voyons qu'au point de vue général, le pouvoir optique de l'objectif photographique dépendra des deux facteurs suivants :

1° Correction des aberrations et des défauts qui dépendent du soin plus ou moins grand apporté à la construction ; 2° intensité lumineuse (actinique relative) transmise à l'image.

Si nous faisons abstraction ici de certains défauts particuliers accidentels ou inhérents à certains types spéciaux, tels que la distorsion et la répartition vicieuse de l'intensité lumineuse (tache centrale, dégradation) qui n'influent pas sur la netteté proprement dite de l'image, nous pourrions poser en principe que *l'état de correction plus ou moins parfait de l'objectif se mesurera pratiquement par l'étendue du champ de netteté*¹.

Comme étalon de la netteté, nous adopterons la valeur normale de 0,1 millimètre.

Quant au deuxième facteur du pouvoir optique : intensité relative de l'image, il est clair qu'il dépendra, toutes choses égales d'ailleurs, de l'ouverture utile relative (c'est-à-dire rapportée à l'unité de distance focale), et de la *transparence* de l'objectif.

Comme le coefficient de transparence est difficile à évaluer d'une manière absolue, que, dans les bons objectifs modernes, il varie en somme assez peu, et que son influence relative est faible dès que l'objectif travaille avec une ouverture un peu considérable, nous pourrions en faire abstraction ici.

*Les deux facteurs, que nous appellerons **cardinaux**, du pouvoir optique de l'objectif photographique seront donc : l'étendue relative du champ de netteté et l'ouverture utile relative de l'objectif, tous deux étant rapportés à l'unité de distance focale.*

Expression du pouvoir optique.

Nous avons ainsi ramené le pouvoir optique de l'objectif photographique à deux facteurs dont la valeur absolue peut être aisément déterminée par un contrôle convenable.

¹ Il va sans dire que le champ de netteté étant mesuré sur une surface plane, la *courbure du champ focal* le limitera au même titre que l'astigmatisme et les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité.

Comment représenterons-nous ce pouvoir en fonction des deux facteurs cardinaux ?

Théoriquement, l'étendue relative du champ de netteté devrait figurer dans la formule comme *valeur angulaire* de ce champ :

$$\text{tang. } \frac{1}{2} \alpha = \frac{A}{2\phi}$$

α étant l'angle du champ de netteté, A le diamètre de ce champ et ϕ la distance focale absolue.

Pratiquement, il nous suffira d'employer l'expression simplifiée $\frac{A}{\phi}$ du *diamètre relatif du champ de netteté*.

De même, le facteur *intensité lumineuse relative* devrait être représenté par la *clarté* ou rapport $\frac{\delta^2}{\phi^2}$ du carré de l'ouverture utile au carré de la distance focale. Pour simplifier, nous le représentons par l'*ouverture utile relative*, c'est-à-dire par le rapport $\frac{\delta}{\phi}$, δ étant le diamètre de l'ouverture utile.

Dans ces conditions, l'expression du pouvoir optique Π prend la forme :

$$\Pi = \psi \left(\frac{A}{\phi}, \frac{\delta}{\phi} \right)$$

ψ étant une fonction dont la nature reste à déterminer.

De même que la puissance d'un générateur électrique est représentée par le produit des deux facteurs : force électromotrice (différence de potentiel aux bornes de l'appareil) et intensité du courant, la puissance du pouvoir optique d'un objectif représentera le produit de ses facteurs cardinaux ; nous devons donc écrire la formule du pouvoir optique de l'objectif photographique :

$$(\Pi) = \frac{A}{\phi} \cdot \frac{\delta}{\phi} = \frac{A\delta}{\phi^2}$$

Pour des raisons pratiques, afin que la valeur de ce pouvoir ne soit pas exprimée par des décimales seulement, qui parlent moins à l'œil du non mathématicien que les nombres entiers, je proposerai — et ceci est purement conventionnel — de multiplier par 100 le produit des facteurs cardinaux. L'expression définitive du pouvoir optique devient alors :

$$H = 100 \frac{A}{\phi} \cdot \frac{\delta}{\phi} \quad ^1$$

Le pouvoir optique réel de l'objectif photographique peut être représenté conventionnellement par cent fois le produit du diamètre relatif du champ de netteté, rapporté à l'unité de distance focale, par l'ouverture utile relative correspondante.

L'importance relative des deux facteurs cardinaux pourra du reste être différente suivant le but particulier que l'objectif est appelé à remplir, c'est-à-dire selon qu'il doit présenter un angle de champ plus grand ou une clarté plus considérable. Le *pouvoir normal* $H = 100$ serait réalisé, par exemple, par un objectif idéal pour lequel nous aurions :

$$\frac{A}{\phi} = 1 \quad (\text{correspondant à un angle de champ de netteté de } 53^\circ \text{ environ.})$$

$$\text{et } \frac{\delta}{\phi} = 1 \quad (\text{indice d'ouverture utile } f/1).$$

Ce même pouvoir normal serait aussi celui d'un objectif tel que

$$\frac{A}{\phi} = 2 \quad (\text{angle du champ de netteté } 90^\circ)$$

$$\text{et } \frac{\delta}{\phi} = 0,5 \quad (\text{indice d'ouverture utile } f/2).$$

¹ Cette forme est plus commode que celle $100 \frac{A \delta}{\phi^2}$ en ce qu'elle permet d'utiliser immédiatement l'*index d'ouverture* $\frac{1}{x} = \frac{\delta}{\phi}$ (ouverture utile exprimée en fraction de la distance focale).

Il est clair que cette valeur normale du pouvoir optique réel est, pour le moment, purement idéale, aucun des systèmes actuels ne pouvant la réaliser. Il est intéressant de vérifier à quel degré les objectifs modernes s'approchent de cet objectif idéalement parfait qui unirait une extrême rapidité à un champ de netteté maximum.

Exemples de l'application de la formule.

Faisons maintenant quelques applications numériques de notre formule pour déterminer le pouvoir optique réel d'un certain nombre d'objectifs de catégories différentes, en prenant, pour éléments du calcul, les constantes fournies par le contrôle scientifique de ces objectifs. (Toutes les constantes mesurées sont exprimées en millimètres, l'ouverture utile et le champ de netteté ont été mesurés à toute ouverture).

1° *Objectif simple pour paysage.*

$$\phi = 246 \quad \delta = 20 \quad (f/12,3) \quad \Delta = 86,6$$

$$\Pi = 100 \frac{86,6}{246} \cdot \frac{20}{246} = 100 \cdot 0,352 \cdot 0,0814 = \mathbf{2,86}$$

2° *Objectif symétrique à deux lentilles simples.*

$$\phi = 208 \quad \delta = 15,2 \quad (f/13,7) \quad \Delta = 77$$

$$\Pi = 100 \cdot 0,37 \cdot 0,0732 = \mathbf{2,70}$$

3° *Aplanat grand angulaire.*

$$\phi = 149 \quad \delta = 11,9 \quad (f/12,5) \quad \Delta = 74,5$$

$$\Pi = 100 \cdot 0,500 \cdot 0,0799 = \mathbf{3,99}$$

4° *Aplanat rapide.*

$$\phi = 232 \quad \delta = 20,2 \quad (f/8,7) \quad \Delta = 97,5$$

$$\Pi = 100 \cdot 0,42 \cdot 0,115 = \mathbf{4,83}$$

5° *Aplanat très rapide.*

$$\phi = 303 \quad \delta = 48,1 \quad (f/6,3) \quad \Delta = 124$$

$$H = 100. 0,41. 0,159 = \mathbf{6,52}$$

6° *Aplanat extra-rapide.*

$$\phi = 274 \quad \delta = 50,6 \quad (f/5,4) \quad \Delta = 112,5$$

$$H = 100. 0,41 \cdot 0,185 = \mathbf{7,60}$$

7° *Anastigmat*

$$\phi = 224 \quad \delta = 28,8 \quad (f/7,8) \quad \Delta = 108,5$$

$$H = 100. 0,485. 0,128 = \mathbf{6,20}$$

La discussion de ces résultats va nous fournir quelques renseignements intéressants. Nous disposerons les résultats obtenus de la façon suivante, afin de nous rendre un compte exact de la marche des facteurs cardinaux dans cette série considérée :

	Pouvoir optique réel.	Coefficient de champ.	Coefficient de clarté.	Rapports : $\frac{\Delta \text{ champ.}}{\delta \text{ clarté.}}$
<i>Objectif simple</i>	2,86	0,352	0,0814	4,33
» <i>double</i>	2,70	0,370	0,0732	5,06
<i>Aplanat grand angle</i>	3,99	0,500	0,0799	6,26
» <i>rapide</i>	4,83	0,420	0,1150	3,65
» <i>très rapide</i>	6,52	0,410	0,1590	2,58
» <i>extra rapide</i>	7,60	0,410	0,1850	2,22
<i>Anastigmat</i>	6,20	0,485	0,1280	3,77

Grâce à leur clarté considérable, les aplanats très rapides, et extra-rapides présentent un pouvoir optique réel maximum; leur coefficient de champ relativement élevé indique que nous avons à faire à d'excellents objectifs. Ce coefficient est égal pour les deux; le constructeur est donc parvenu à augmenter considérablement la rapidité du second, sans sacrifier quoique ce soit de l'angle de champ, résultat des

plus remarquables. L'aplanat rapide et l'anastigmat, qui doivent être des objectifs universels, présentent des valeurs moyennes des deux facteurs cardinaux ; la supériorité de l'anastigmat sur l'aplanat correspondant se manifeste clairement par la comparaison des coefficients et par le pouvoir optique plus considérable qui en résulte.

Les rapports entre les deux coefficients, ou, ce qui revient au même, entre le diamètre du champ de netteté et l'ouverture utile correspondante, que nous donnons ci-dessus, sont fort intéressants aussi. Tandis que, pour l'aplanat grand angulaire, le diamètre du champ est égal à 6,26 fois l'ouverture correspondante, pour l'aplanat extrarapide, le champ n'est plus que 2,22 fois cette ouverture. Pour l'aplanat rapide et l'anastigmat, objectifs *universels*, ce rapport a les valeurs moyennes $\Delta = 3,65 \delta$ et $\Delta = 3,77 \delta$.

Nous laisserons au lecteur le soin de tirer d'autres conclusions des résultats ci-dessus.

(*A suivre.*)

JULES AMANN,

Professeur-agrégé de l'Université de Lausanne.

(Extrait du Cours d'Optique photographique professé en 1898—1899.)

