

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 5 (1923)

Artikel: Les problèmes fondamentaux de la plaque photographique revue des principaux faits et des théories qui s'y rattachent [fin]
Autor: Mühlestein, Emile
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-741312>

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: 06.05.2025

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

LES PROBLÈMES FONDAMENTAUX

DE LA

PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE

REVUE DES PRINCIPAUX FAITS ET DES THÉORIES
QUI S'Y RATTACHENT

PAR

Emile MÜHLESTEIN

(Avec 2 fig.).

(Fin)

III

SENSIBILITÉ ET STRUCTURE DES PLAQUES PHOTOGRAPHIQUES.

§ 38. — *Définition et mesure de la sensibilité.* — La sensibilité des plaques photographiques est définie de différentes manières. Pour HURTER et DRIFFIELD ¹⁶⁰ elle est caractérisée par l'inertie des plaques (cf. § 11); mais celle-ci n'est pas facile à déterminer exactement; car — d'après EDER ¹⁶¹ qui a mesuré les noircissements par une méthode plus exacte — l'inertie varie sensiblement avec la durée et la température de développement.

Le congrès international de photographie à Paris, en 1889, a décidé de mesurer la sensibilité par la quantité de lumière nécessaire pour obtenir une nuance déterminée de noircissement moyen. Les résultats de cette méthode de mesure peuvent être fortement faussés par le voilage chimique éventuel des plaques, provenant de leur fabrication; la méthode n'a pas été introduite dans la pratique de la sensitométrie.

D'après EDER il est plus aisé et plus certain de déterminer le seuil (cf. § 11), c'est-à-dire le minimum de la quantité de lumière $i \cdot t$, capable de produire, par développement, un noircissement appréciable à l'œil nu. Ceci se ferait le plus aisément au moyen d'un dégradateur continu, sans absorption sélective; GOLDBERG¹⁶² a proposé d'utiliser des lames en gélatine, en forme de coin prismatique de faible ouverture d'angle, colorées en gris-noir neutre au moyen d'encre noire et de certaines couleurs d'aniline; recommandé par FERGUSON¹⁶³, RENWICK¹⁶⁴, V. HÜBL¹⁶⁵ et ODENCRANTS¹⁶⁶, ce principe a été réalisé dans le sensitomètre d'EDER et HECHT¹⁶⁷ qui donne des résultats satisfaisants à maints égards. Cet appareil simple et pratique permet de faire agir sur une plaque, pendant une seule et même pose, des intensités lumineuses variant de 1 à $\frac{1}{26000}$.

Si la valeur de l'éclairement sur la face d'incidence est connue, on peut déterminer, au moyen de tables, les éclairements i qui ont agi aux différents endroits de la surface d'émergence du dégradateur et qui sont une fonction logarithmique de la distance de l'arête du coin. Pour faciliter la mesure des distances, la surface d'émergence est recouverte d'une échelle millimétrique (traits opaques sur une feuille de celluloïde).

Voici comment se fait pratiquement la mesure: Au moyen d'une source lumineuse étalon, placée à une distance déterminée, on impressionne la couche sensible, appliquée contre la surface d'émergence de la lame, pendant un temps connu t ; on développe la plaque dans un révélateur « normal ». Puis on détermine la distance — à partir de l'arête du coin — de la dernière trace de noircissement perceptible à l'œil nu, c'est-à-dire du dernier trait de l'échelle millimétrique qui apparaît encore en blanc, sur le fond le plus faiblement impressionné.

Est-il possible d'obtenir ainsi, en mesure absolue de la « quantité de lumière » $i \cdot t$, la valeur du seuil? Avec BOUASSE⁸³ on doit reconnaître qu'il n'en est rien. « Dans notre expérience », dit cet auteur (§ 370), « nous disposons de deux variables: l'éclairement i , le temps de pose t . Si le noircissement ne dépendait que du produit $i \cdot t$, si de plus il était la même fonction de ce produit pour toutes les plaques, la méthode aurait un sens.

Elle n'en a pas, parce que le noircissement est une fonction de i et de t , fonction qui varie d'une plaque à l'autre; de sorte qu'en modifiant soit l'éclairement, soit le temps de pose, nous faisons généralement varier l'ordre dans lequel se rangent les sensibilités des plaques ».

Toutefois, si l'on maintient constant le temps de pose et (aussi rigoureusement que possible) l'intensité et la qualité de la source lumineuse, cette méthode fournit une série de valeurs particulières du noircissement en fonction des intensités i , valeurs mesurables par exemple au moyen d'un microphotomètre. On obtient donc une sorte de courbe des noircissements pour $t = \text{constant}$, propre à la plaque étudiée; c'est déjà un moyen pour caractériser, du moins *partiellement*, la sensibilité des différentes matières sensibles: on peut ainsi observer la régularité et l'étendue de la « gradation » des plaques.

C'est bien dans les difficultés que les objections de BOUASSE font ressortir, que semble résider la raison profonde — instinctivement sentie, sinon entièrement comprise par les photochimistes — pour laquelle différents auteurs se trouvent d'accord en déclarant qu'il est insuffisant de connaître le seuil — même en valeur absolue, si cela était possible — afin de caractériser la sensibilité d'une plaque; une sensitométrie complète doit par exemple s'occuper encore du « seuil de solarisation », du « seuil du halo » (c'est-à-dire de l'auréolement vitreux, dû aux réflexions dans le substratum), de la gradation, etc. *

Nous n'entrerons pas ici dans une discussion plus approfondie du problème de la sensitométrie en général — aussi important, peut-être, que celui de l'image latente —, ni des nombreux systèmes de sensitomètres ou sensitographes; il existe sur ce sujet d'excellentes revues, faites par ODENCRANTS¹⁶⁸.

Au point de vue scientifique, la limite de perception que l'on utilise, comme il vient d'être dit, est uniquement déterminée par la physiologie de l'œil humain; le seuil ne représente pas une li-

* Le sensitomètre Eder-Hecht, au moyen de caches opaques, convenablement dimensionnées et disposées sur la feuille de cellulose qui porte l'échelle millimétrique, permet de s'orienter sommairement sur tous ces facteurs, en une seule expérience.

mite absolue au-dessous de laquelle il n'existe aucune impression latente développable, ce qui serait évidemment en contradiction avec la théorie des quanta. Les recherches toutes récentes de NODDACK, STREUBER et SCHEFFERS¹⁶⁹ ont, en effet, décelé des impressions bien graduées jusqu'à environ $\frac{1}{30}$ de la quantité de lumière nécessaire pour produire la plus faible impression visible à l'œil nu, après développement, c'est-à-dire jusqu'à $2,5 \cdot 10^{-6}$ bougies-mètres-secondes de HEFNER, sur une plaque très sensible; en dénombrant les grains développés, par voie microscopique, ces auteurs ont trouvé qu'au seuil le nombre des grains impressionnés par la très faible lumière, employée dans leurs expériences ($4-7 \cdot 10^5$ grains par cm^2 de surface), dépasse de 40 % le nombre de ceux du voile chimique, dû à la fabrication des plaques.

§ 39. — *Les facteurs qui déterminent la sensibilité des plaques photographiques.* — a) La sensibilité dépend en première ligne de la structure de la couche sensible, surtout de la grosseur du grain de bromure. Les plaques les moins sensibles sont celles à grain extrêmement fin que l'on utilise en photochromie LIPPMANN, contenant le bromure d'argent à l'état colloïdal; leur couche sensible transparente et brunâtre contient des grains dont le diamètre varie, d'après NEUHAUSS¹⁷⁰, de $0,1-0,3 \mu$. Elles sont environ 30 000 fois moins sensibles que les plaques très rapides. Les plaques peu sensibles au gélatinobromure que l'on emploie pour les procédés graphiques, ou plaques « photo-mécaniques », ont un grain d'environ $0,5$ à $1,0 \mu$. Sur une plaque de cette catégorie, à grain particulièrement fin et régulier, MÜHLESTEIN¹⁷¹ a observé des dimensions variant de $0,25-0,75 \mu$.

Les plaques rapides ordinaires au bromure ont, d'après KAISERLING, des grains d'un diamètre moyen de $1,3 \mu$, d'après EDER et d'autres, d'environ 2μ . Les plaques à sensibilité extrême possèdent des grains — d'ailleurs très variables en grandeur — qui peuvent atteindre jusqu'à 3μ d'épaisseur.

Un des problèmes pratiques les plus importants pour l'utilisation de la photographie dans des recherches scientifiques délicates, problème encore à résoudre, est, d'après SCHAUM¹⁷², celui de préparer des couches photographiques très sensibles et absolument homogènes, sans structure granuleuse.

La sensibilité des couches sensibles dépendant encore d'autres facteurs que de la grosseur du grain, il s'est produit de nombreuses contradictions dans la bibliographie. Les recherches de THE SVEDBERG ¹⁷³ ont définitivement décidé en faveur de la relation directe qui vient d'être décrite; notamment chaque classe de grandeur des grains d'une même émulsion possède une courbe de noircissement qui lui est particulière.

b) Il est connu que l'on peut augmenter la sensibilité générale des plaques au gélatinobromure d'argent, en mélangeant un peu d'iodure d'argent dans l'émulsion au bromure, ou bien encore en imprégnant les plaques de solutions diluées de certains corps absorbant le brome, c'est-à-dire rendant l'ensemble des opérations plus exothermique (BOUASSE ⁸³, § 357), p. ex. d'azotate ou de citrate d'argent, d'azotite de soude, de ferrocyanure de potasse, d'acide gallique ou de tannin. D'après LÜPPO-CRAMER ¹⁷⁴ l'action sensibilisatrice de ces « sensibilisateurs chimiques » n'a lieu que pour le noircissement direct des couches sensibles (cf. §§ 6-10) au bromure, au chlorure et à l'iodure; elle n'intervient dans la formation de l'image latente que dans le cas du gélatinoiodure. Les contradictions à ce sujet s'expliquent probablement par l'intervention de différences de structure des plaques étudiées. On doit aussi remarquer ici que la sensibilité des plaques pour l'impression directe est en général toute différente de celle qui est décelée par développement; notamment les plaques à grain très fin s'altèrent plus vite visiblement que les plaques rapides.

c) On peut aussi augmenter la sensibilité par des poses préalables allant jusqu'au seuil ou le dépassant même; c'est surtout pour certains cas de la photographie stellaire, p. ex. pour la photographie de nébuleuses très faibles que ce procédé a été recommandé, afin d'obtenir des détails qui ne viendraient pas sur la plaque fraîche. RHEDEN ¹⁷⁵ a trouvé que l'on obtient le maximum de cette « *photosensibilisation* » avec une pose préalable environ triple de celle qui correspond au seuil, ce qui confirme une brève notice de WOOD ¹⁷⁶ sur le même sujet. Cette préparation de la matière sensible semble créer des germes catalyseurs qui favorisent l'action ultérieure de la lumière de sorte que même des radiations de très faible inten-

sité ou des radiations très peu actiniques (comme les rayons lumineux peu réfrangibles) sont capables d'impressionner la plaque. Quant à la nature de ces germes, voici deux raisons pour supposer qu'il s'agit d'argent métallique: 1^o EDER¹⁷⁷, se basant sur des expériences avec des plaques au gélatino-photochlorure (synthétique), préparées par LÜPPO-CRAMER, déclare que l'argent colloïdal est un sensibilisateur panchromatique par excellence (« idéal »); 2^o des expériences de SCHÖLLER avec des émulsions au gélatinochlorure, telles qu'elles servent à la fabrication des papiers à noircissement direct, WEIGERT¹⁷⁸ tire l'intéressante conclusion que la vraie substance sensible dans ce cas n'est pas le chlorure d'argent lui-même, mais que ce sont de faibles traces d'argent métallique, contenues dans la couche sensible et croissantes avec l'action lumineuse.

On ne rencontre pas, dans la bibliographie, de discussions au sujet de la contradiction qui semble exister entre la photosensibilisation et les résultats d'ODENCRANTS qui ont été résumés au § 34.

d) La contribution du voilage chimique — c'est-à-dire de l'impression latente se produisant pendant la maturation de l'émulsion — à la sensibilité des plaques rapides a été envisagée par GUÉBHARD¹⁷⁹. D'après EDER¹⁸⁰ ce voile chimique est dû à une réduction partielle du bromure par l'action de la chaleur pendant la maturation.

§ 40. — *Le rôle de la gélatine.* — ABEGG¹⁸¹ et d'autres pensaient que la gélatine intervient dans la sensibilité des plaques photographiques en réduisant partiellement le bromure d'argent; c'est une conception qui permettrait éventuellement d'expliquer l'« autosensibilisation », c'est-à-dire le fait que les plaques rapides deviennent encore plus sensibles lorsqu'on les conserve longtemps à l'abri du jour.

LÜPPO-CRAMER¹⁸² insiste sur ce que la gélatine ne saurait agir à la façon des sensibilisateurs chimiques, comme EDER¹⁸³ et d'autres l'avaient pensé.

Il semble toutefois certain que la gélatine contribue à augmenter la sensibilité — quoique le mécanisme de son rôle ne soit point éclairci — si l'on considère les faits suivants: 1^o La qualité de la gélatine joue un rôle dans la préparation

des émulsions très sensibles. — 2° D'après les expériences de REINDERS ⁴⁷, le chlorure d'argent, en cristallisant, est capable d'adsorber de la gélatine qui se répartit d'une façon homogène à l'intérieur du cristal; la sensibilité du chlorure s'en trouve considérablement augmentée, ce qui a lieu même lorsque la solution ne contient qu'un milligramme de gélatine sur 10 litres. — 3° LÜPPO-CRAMER ¹⁸⁴ insiste sur le fait, connu des « émulsionnistes », que la manière de précipiter le bromure dans l'émulsion joue un rôle décisif; ces conditions initiales sont même plus importantes que la maturation subséquente. Cela semble bien indiquer qu'une adsorption plus ou moins complète a lieu lors de la précipitation, comme dans les expériences de REINDERS. 4° Les observations de BELLACH ¹⁸⁵ sur la diminution de la grosseur des grains pendant le séchage des couches semblent témoigner d'une participation de la gélatine à la constitution du grain sensible. — 5°. La gélatine est elle-même sensible à la lumière (cf. § 17); il est très curieux de constater, avec MEISLING ¹⁸⁶, qu'on peut fortement augmenter cette sensibilité en imprégnant la gélatine de « sensibilisateurs optiques », c'est-à-dire de solutions diluées de certaines couleurs d'aniline (d'erythrosine en première ligne), capables de sensibiliser les plaques ordinaires pour les rayons lumineux moins réfrangibles. La gélatine interviendrait-elle dans ces procédés d'ortho- ou de panchromatisation ? Ce n'est pas improbable.

§ 41. — Pour clore cette revue, il y a lieu de résumer ici les résultats des minutieuses recherches de QUINCKE ¹⁸⁷ qui n'ont pas encore été appréciés dans toute leur portée et ont même été mal compris; tout en se rattachant immédiatement au sujet du dernier paragraphe, ils ouvrent des perspectives sur les questions principales du chapitre II.

L'étude des tensions superficielles et leur application aux questions de la photographie scientifique ont amené QUINCKE à la conception suivante: Les couches sensibles au gélatino-bromure d'argent possèdent une structure cellulaire; il y a des parois plus ou moins solidifiées, constituées d'une solution (A) riche en bromure et pauvre en eau, qui se sont formées au milieu d'une solution (B) plus pauvre en bromure et plus riche en eau. Dans ces parois, et surtout le long des arêtes et dans les

angles des cellules, il y a des vessies, des sphérules et flocons écumeux, constitués, comme les parois elles-mêmes, de solution A et formant ce que l'on appelle les grains de la couche sensible. Les parois des cellules ainsi que les grains doivent être recouverts — et séparés de la solution B — par une cuticule très mince de solution gélatineuse diluée (C), contenant très peu de bromure. La constitution de cette cuticule, ainsi que son épaisseur — qui doit être inférieure à $\frac{1}{5}$ d'une longueur d'onde lumineuse moyenne — dépendent de la durée et de la température du procédé de maturation de l'émulsion. En augmentant d'épaisseur, cette cuticule devient une solution sursaturée de bromure; la diminution de la surface provoque une précipitation de bromure pur, en particules extrêmement petites. Ce sont ces particules ultramicroscopiques ou amicroscopiques*, bien plus petites qu'une longueur d'onde lumineuse, réparties sur la surface des flocons (grains) et des parois d'écume, qui représentent la substance très sensible des plaques photographiques que la lumière est capable de scinder en brome et en argent métallique.

§ 42. — Il semble que l'on n'ait pas suffisamment médité cette interprétation très intéressante qui pourrait peut-être donner la solution de nombre de problèmes anciens et nouveaux. Voici quelques suggestions: Tout d'abord l'une des deux ou trois différentes substances sensibles (A, B et C) que permet d'admettre la conception de QUINCKE pourrait bien être responsable de la seconde inversion (cf. § 16), phénomène pour lequel aucune explication n'a encore été donnée; il suffit par exemple d'admettre que A soit *beaucoup* moins sensible à la lumière que les particules de bromure pur dans les cuticules formés par C.

La conception de Quincke est en bonne harmonie avec l'idée de plusieurs auteurs qui admettent que l'image latente normale a son siège dans l'extrême surface des grains. Le nombre

* SIEDENTOPF appelle « ultramicroscopiques » toutes les particules trop petites pour être perçues au microscope; ZSIGMONDY¹⁸⁸ les différencie en « sous-microscopiques », décelables au moyen de l'ultramicroscope, et « amicroscopiques », inaccessibles à toute méthode d'observation.

des germes d'argent, situés sur la surface, détermine probablement la vitesse de réduction du grain entier dans le révélateur. Mais il n'est pas exclu qu'un seul germe atomique d'argent métallique suffise pour déclencher la réduction, bien que les recherches effectuées jusqu'à ce jour par NODDACK, STREUBER et SCHEFFERS ¹⁶⁹ semblent démontrer que chaque grain développé a probablement été frappé par plusieurs quanta d'énergie lumineuse; car remarquons que l'énergie, dans le système de QUINCKE, peut se dissiper d'au moins deux manières: 1° Une partie des quanta tombe sur les grains du voile chimique (décomptés, comme de juste, du nombre total de grains développés, dans les expériences de ces trois auteurs) et produire sur eux de nouveaux germes d'argent, inutiles, puisqu'il y en a déjà, créés par l'action de la chaleur. 2° Une autre partie des quanta est absorbée par les particules de bromure situées dans les parois des cellules, ces dernières n'ayant par conséquent pas l'occasion d'agir comme germes catalytiques pour un grain. Pour des impressions lumineuses très faibles on n'est donc nullement forcé d'admettre, avec EGGERT et NODDACK ¹⁸⁹, que l'impression latente qui rend un grain développable soit formée de germes d'argent répartis dans tout le volume du grain, ceux situés à la surface étant seuls efficaces lors du développement. Sur un autre système solide, la loi photochimique d'EINSTEIN, disant qu'une molécule de substance altérée correspond à chaque quantum d'énergie lumineuse absorbée, a pu être vérifiée. (En effet, WEIGERT, dans les expériences qui ont été citées dans le § 39, a pu constater qu'un quantum d'énergie est absorbé par chaque molécule de chlorure d'argent réduit.)

La plaque photographique présente encore d'autres problèmes scientifiques intéressants que nous n'avons pas traités dans la revue présente; voici les plus importants:

1° L'irradiation latérale (propagation des effets de la lumière dans le milieu trouble de la couche sensible);

2° la question de savoir s'il existe ou non des distinctions absolues entre les différentes radiations lumineuses (cf. p. ex. les rayons « excitateurs », « continueurs » et « destructeurs », envisagés par EDM. BECQUEREL), c'est-à-dire si ces radiations

exercent des « actions spécifiques » sur la plaque photographique.

3° les actions d'autres formes d'énergie, de radiations d'autre nature, etc.;

4° les effets de la superposition des actions de différentes formes d'énergie (p. ex. « l'effet CLAYDEN », « l'effet VILLARD », l'inversion anormale en général, l'échelle de WOOD, etc.).

Certains de ces problèmes présentent encore plus de difficultés que ceux dont il a été question dans notre revue et ne pourront être attaqués avec quelques chances de succès qu'au moment où ces derniers seront plus ou moins résolus. Avec de nouvelles méthodes, déjà introduites, on espère pénétrer plus avant dans les problèmes fondamentaux : ainsi l'application des résultats modernes de la théorie physique aux questions de photochimie, inaugurée par les travaux déjà mentionnés, de WEIGERT, EGGERT, NODDACK, STREUBER et SCHEFFERS, de même que l'utilisation de la *lumière polarisée* pourront peut-être justifier cet espoir. WEIGERT¹⁹⁰ a déjà réussi à fixer photographiquement le plan de polarisation au moyen de certaines résonances (« Farbenanpassung »); sur des émulsions au gélatino- (ou collodion-) chlorure (cf. § 39 c) il obtient, avec des poses de l'ordre de celles qui suffisent pour impressionner normalement une plaque au gélatinobromure, des effets directement décelables, sans développement; il s'agit donc d'un moyen d'étudier expérimentalement les actions *primaires* de la lumière sur les couches sensibles.

L'auteur de cette revue se fait un plaisir de remercier MM. les professeurs JAQUEROD et BERTHOUD, de la Faculté des Sciences de l'Université de *Neuchâtel*, pour tous leurs bons conseils.

BIBLIOGRAPHIE

Remarques : 1° Pour les citations dont il n'a pas été possible de remonter à la source originale, pour vérification, les renvois aux sources secondaires sont indiqués entre crochets []. — 2° Dans les cas où le texte cité se trouve au milieu d'un mémoire traitant surtout d'autres matières, la page exacte est indiquée entre parenthèse (), immédiatement à côté de l'indication

de la page initiale du mémoire. — 3^o Le titre complet d'un ouvrage n'est indiqué qu'une seule fois, à la première citation.

Abréviations: A. = Auflage (= édition). — Ber. = Berichte.
— Hdb. = Handbuch.

C.R. = Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, à Paris.

Eders Jahrb. = Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik, herausgegeben von *Josef Maria Eder* (Halle a./S. 1887 et svtes, chez W. Knapp).

Phot. Corr. et *Phot. Korr.* = Photographische Korrespondenz (Wien & Leipzig, Verlag. d. Photogr. Gesellschaft Wien).

ZS. f. wiss. Phot. = Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie, Photophysik und Photochemie, herausgegeben von *K. Schaum* (Leipzig, 1901 et svtes, chez J. A. Barth)

1. J. M. EDER, *Photochemie*, 3. A. (Ausführl. Hdb. d. Photographie I/2), Halle a./S. 1906, p. 306.
2. M. VOLMER et K. SCHAUM, *ZS. f. wiss. Phot.* 14, p. 1, 1915.
3. J. M. EDER, *Photochemie* ¹⁾, p. 275, litt. 8.
4. K. SCHAUM et W. BRAUN, *Photogr. Mitteilungen*, 1902, p. 264 [cité d'après EDER, *Phot. Corr.* 39, p. 647, 1902].
5. E. COUSTET, *Traité général de la fotogr. en noir et en couleurs*, 7^{me} éd., Paris 1922, p. 135.
6. LÜPPO-CRAMER, *Die Röntgenographie in ihrem photographischen Teil* (W. Knapp's Encyklopädie der Photographie, Heft 67), Halle a./S. 1909, p. 39; *Phot. Korr.* 49, p. 356 (remarque 2), 1912.
7. J. M. EDER, *Phot. Corr.* 39, p. 645 (649), 1902; *Die Photographie mit Bromsilbergelatine und mit Chlorsilbergelatine*, 5. A. (Ausführl. Hdb. der Photogr. III), Halle a./S. 1903, p. 832.
8. S. E. SHEPPARD et C. E. KENNETH MEES, *Investigations on the Theory of the Photographic Process*, London 1907; *Untersuchungen über die Theorie des photographischen Prozesses*, deutsch v. H. WEISZ, Halle a./S. 1912, p. 265.
9. LÜPPO-CRAMER, *Photographische Probleme* (Knapps Encyklopädie, Heft 58), Halle a./S. 1907, p. 72.
10. M. ANDRESEN, *Das latente Bild und seine Entwicklung* (Knapps Encyklopädie, Heft 83), Halle a./S. 1913, p. 33.
11. J. STERRY, *Eders Jahrb.* 13, p. 289, 1899 (trad. du *Photographic Journal* 22, p. 264, 1898).
12. HARDWICH, *Photogr. Chem.*, 6^{me} éd., p. 42 [cité d'après STERRY ¹¹⁾] 1863 [*J. M. Eder*, *Photochimie* ¹⁾, p. 278]; *Manual of Photographic Chemistry*, London 1861, p. 42 [cité d'après LÜPPO-CRAMER, *Das latente Bild* ⁶⁶⁾, p. 63].
13. J. RAPHAELS, *Photogr. Rundschau* 13, p. 28, 1899.

14. F. KOGELMANN, *Die Isolierung der Substanz des latenten photographischen Bildes*, Graz 1894, p. 10.
15. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ, *C. R.* 153, p. 102, 1911; *Eders Jahrb.* 27, p. 181, 1913.
16. J. M. EDER, *Ausführl. Hdb. d. Photogr.* II, 2. A., p. 43; *Eders Jahrb.* 13, p. 475, 1899.
17. R. NEUHAUSS, *Photogr. Rundschau* 12, p. 257, 1898 [cité d'après ABEGG ¹²⁵]; v. aussi: *Eders Jahrb.* 13, p. 476, 1899; J. M. EDER, *Die Photogr. mit Bromsilbergelatine* ⁷), p. 95; LÜPPO-CRAMER, *Die Röntgenographie...* ⁶), p. 26.
18. J. M. EDER, *Sitz. Ber. d. Wiener Akad. Abt. II a*, 114, p. 1159, 1905; *Photochemie*¹), p. 292.
19. LÜPPO-CRAMER, *Photogr. Probleme* ⁹), p. 73.
20. LÜPPO-CRAMER, *Photogr. Probleme* ⁹), p. 80.
21. W. OSTWALD, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, 1. A. II /1, Leipzig 1891, p. 1078 [cité d'après SCHAUM ²²].
22. K. SCHAUM, *ZS. f. wiss. Phot.* 2, p. 427 (remarque 4, p. 430), 1904. Cf. *Arch. f. wiss. Phot.* 1, p. 139, 1899.
23. W. OSTWALD, *ZS. f. Elektrochem.* 7, p. 995, 1905.
24. M. VOLMER, *ZS. f. wiss. Phot.* 20, p. 189, 1921.
25. J. M. EDER, *Photochemie* ¹), pp. 206 et 241; LÜPPO-CRAMER, *Phot. Corr.* 40, p. 97, 1903; 42, p. 375, 1905.
26. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Probleme* ⁹), p. 63.
27. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Probleme* ⁹), p. 79.
28. M. CAREY LEA, *Americ. Journ. of Science* (3), 33, p. 349, 1887; *Phot. Corr.* 24, pp. 287, 344 et 371, 1887; *Bull. Soc. franç. de photogr.*, 1888, pp. 225, 263 et 276 [cité d'après NAMIAS, *Theor.-prakt. Hdb. der photogr. Chemie* ⁸⁸), p. 78]; *Kolloides Silber und die Photohaloide*, neu herausgeg. v. LÜPPO-CRAMER, Dresden 1908, pp. 11 et 16.
29. A. GUNTZ, *C. R.* 112, pp. 361 et 1212, 1891; 113, p. 72, 1891. Cf. sur ce corps les recherches plus récentes de L. WÖHLER et G. RODEWALD, *ZS. f. anorg. Chem.* 61, p. 54, 1909.
30. R. LUTHER, *ZS. f. phys. Chem.* 30, p. 628, 1899.
31. E. BAUR, *ZS. f. phys. Chem.* 45, p. 613, 1903; *Eders Jahrb.* 18, p. 609, 1904. — *ZS. f. phys. Chem.* 77, p. 58 (65), 1911.
32. L. GÜNTHER, *Abhandl. d. nat. wiss. Ges. Nürnberg*, 15, p. 26, 1904 [cité d'après plusieurs auteurs].
33. H. WEISZ, *ZS. f. phys. Chem.* 54, p. 305 (320), 1906.
34. J. M. EDER, *Photochemie* ¹), pp. 217 et 298.
35. M. VOLMER, *Photographische Umkehrerscheinungen*, thèse, Leipzig 1910, p. 35.
36. A. P. H. TRIVELLI, *ZS. f. wiss. Phot.* 6, p. 358 (368), 1908.

37. J. M. EDER, *Photochemie* ¹⁾, p. 298.
38. Frida HANSMANN, *Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen*, 5, p. 589, 1901/02.
39. P. P. v. WEIMARN, *Kolloid-ZS.* 5, p. 62 (65), 1909.
40. K. SICHLING, *ZS. f. phys. Chem.* 77, p. 1, 1911.
41. Rich. LORENZ, *ZS. f. Elektroch.* 7, p. 277, 1900/01; *Elektrolyse geschmolzener Salze I-III* (Monographien über angewandte Elektrochemie 20, 21, 22), Halle a. S. 1905/06; R. LORENZ et F. KAUFLEDER, *Elektrochemie geschmolz. Salze* (Bredigs Hdb. der angew. phys. Chemie 11), Leipzig 1909; R. LORENZ, *Kolloid-ZS.* 18, p. 177, 1916 (ce dernier mémoire avec 37 figures ultramicroscopiques).
42. R. LORENZ et W. EITEL, *ZS. f. anorg. Chem.* 91, pp. 46, 57 et 61, 1915.
43. R. LORENZ et K. HIEGE, *ZS. f. anorg. Chem.* 92, p. 27, 1915.
44. R. LORENZ, *Kolloid-ZS.* 18, p. 177, (188), 1916.
45. LÜPPO-CRAMER, *Photogr. Probleme* ²⁾, pp. 81, 119 et 193-217; *Kolloidchemie und Photographie*, 1. A. Dresden 1908, p. 71; 2. A. Dresden 1921, p. 23-38.
46. M. CAREY Lea, *Kolloides Silber und die Photohaloide* ²⁸⁾, pp. 8 et 29.
47. W. REINDERS, *Chem. Weekblad* 7, p. 993, 1910; *ZS. f. phys. Chem.* 77, pp. 213, 356 et 677, 1911 (Etude détaillée des photohalogénures).
48. K. SCHAUM et H. LANG, *Kolloid-ZS.* 28, p. 243, 1921.
49. G. MIE, *Ann. d. Phys.* 25, p. 377, 1908.
50. L. WÖHLER et W. KRUPKO, *Ber. d. D. chem. Ges.* 46, II, p. 2045, 1913; *Chem. Ztg.*, 1913, Repertorium, p. 672.
51. R. ZSIGMONDY, *Zur Erkenntnis der Kolloide*, Jena 1905, pp. 56 et 69; *Kolloidchemie* (Chemische Technologie, herausgeg. v. A. BINZ, allgemeiner Teil), 3. A., Leipzig 1920, pp. 261 et 297.
52. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Korr.* 44, p. 289, 1907; 46, pp. 397, 415 et 526, 1909.
53. LÜPPO-CRAMER, *Kolloidchemie und Photographie* ⁴⁵⁾, 2. A., p. 34.
54. K. SCHWARZSCHILD, *Eders Jahrb.* 14, p. 161 (169), 1900, conteste cette proportionnalité.
55. F. HURTER et V. C. DRIFFIELD, *The Journ. of the Society of Chemical Industry*, 9, Nr. 5 (31 mai) 1890; réimprimé dans le « Memorial Volume », publié par W. B. FERGUSON, *The Photographic Researches of Ferdinand Hurter and Vero C. Driffeld*, London (The Roy. Phot. Soc.), 1920, p. 76 (104).
56. R. LUTHER, *ZS. f. phys. Chem.* 33, p. 252, 1900.

57. J. M. EDER, System der Sensitometrie photographischer Platten. *Die Photogr. mit Bromsilbergelatine* ⁷⁾, pp. 206-287 (220).
58. HURTER et DRIFFIELD, *Memorial Volume* ⁵⁵⁾, pp. 110 et 115.
59. SHEPPARD et MEES, *ZS. f. wiss. Phot.* 3, p. 97, 1905; *Untersuchungen...* ⁸⁾, p. 311-317.
60. SHEPPARD et MEES, *Untersuchungen...* ⁸⁾, p. 235.
61. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Corr.* 38, p. 348, 1901; 39, p. 134, 1902; *Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie* (Knapp's Encyklopädie, Heft 40), Halle a./S. 1902, pp. 39 et 106.
62. J. M. EDER, *Photochemie* ¹⁾, p. 287.
63. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Probleme* ⁹⁾, p. 150.
64. J. M. EDER, *Sitz. Ber. d. Wiener Akad.* ¹⁸⁾; *Photochemie* ¹⁾, pp. 293 et 312.
65. J. M. EDER, *Sitz. Ber. d. Wiener Akad.* ¹⁸⁾; *Photochemie* ¹⁾, p. 287.
66. LÜPPO-CRAMER, *Das latente Bild* (Knapp's Encyklopädie der Photogr., Heft 78), Halle a./S. 1911, p. 43.
67. J. M. EDER, *Photochemie* ¹⁾, pp. 286, 298 et 312.
68. P. J. C. JANSSEN, *C. R.* 91, p. 199, 1880.
69. H. W. VOGEL, *Hdb. der Photogr.* 2, p. 80 (fig. 27), 1894.
70. A. GUÉBHARD, *Rev. d. Sc. phot.* 2, p. 161, 1905.
71. A. et L. LUMIÈRE, *Bull. Soc. fr. de phot.* (2) 4, p. 209, 1888.
72. H. BOUASSE, *Ann. de la Fac. des Sc. de Toulouse*, VIII, F, 26 (fig. 12), 1895.
73. A. GUÉBHARD, *Journ. de Phys. théor. et appl.* (4) 4, p. 334, 1905; voir aussi *Rev. d. Sc. phot.* 2, p. 114, 1905.
74. A. GUÉBHARD, *C. R.* 141, p. 559, 1905.
75. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Wochenblatt* 36, p. 61, 1910 [cité d'après Trivelli]; v. aussi: *Das latente Bild* ⁶⁶⁾, p. 37-44.
76. A. P. H. TRIVELLI ⁸⁹⁾ (p. 381); *Phot. Korr.* 48, p. 620, 1911; LÜPPO-CRAMER, *Phot. Korr.* 49, p. 7, 1912; TRIVELLI, *ibid.*, p. 178; LÜPPO-CRAMER, *ibid.*, p. 181.
77. J. M. EDER, *Die Photogr. mit Bromsilbergelatine...* ⁷⁾, p. 106.
78. A. P. H. TRIVELLI, *Phot. Korr.* 48, p. 29, 1911.
79. LÜPPO-CRAMER, *Kolloid-ZS.* 9, p. 22, 1911.
80. A. A. MEISLING, *Oversigt over det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger* (Bulletin de l'Académie royale des sciences et des lettres de Danemark), 1908 (Nr. 6), p. 481 (mémoire réd. en langue française); *Chem. Ztg.*, 1909, Repert., p. 296; *Eders Jahrb.* 24, p. 437, 1910.
81. C. DOMBROWSKY, *Ueber die Einwirkung der verschiedenen*

- Stoffe, insbesondere des Wasserstoffsuperoxyds, auf die photographische Platte*, Thèse, Leipzig 1908, p. 56.
82. J. M. EDER, *Photochemie* ¹⁾, p. 177.
 83. H. BOUASSE, *Vision et reproduction des formes et des couleurs*, Paris 1917.
 84. La substance tannante, d'après EDER (1878), serait le chromate chromique Cr_2O_3 , CrO_3 (cf. ⁸²⁾ et ⁸³⁾); d'après LUMIÈRE et SEYEWETZ (*ZS. f. wiss. Phot.* 3, p. 297, 1905), ce serait plutôt le sesquioxyde Cr_2O_3 ; ce corps tanne la gélatine mieux que ne le font ses sels (*Bull. Soc. de chim. de Paris* 28, p. 1085).
 85. F. ALEFELD, *ZS. f. wiss. Phot.* 4, p. 364, 1906.
 86. E. COUSTET, *Traité général...* ⁵⁾, p. 132-35.
 87. M. ANDRESEN, *Das latente Lichtbild...* ¹⁰⁾, p. 13-16.
 88. R. NAMIAS, *Chimie photographique*, trad. de l'italien par Jacquez, Paris 1902; *Theoretisch-praktisches Hdb. der fotogr. Chemie*, I. Bd., *Photogr. Negativprozesse und orthochrom. Photographie*, nach der dritten italienischen A. übersetzt v. A. VALERIO et C. STÜRENBURG, Halle a. S. 1907, p. 74-84.
 89. A. P. H. TRIVELLI, *Jahrb. f. Radioaktivität und Elektronik* 8, p. 334, 1911.
 90. M. CAREY LEA, *Bull. Soc. fr. de Phot.* 1892, pp. 413, 473 et 541 [cité d'après NAMIAS, *Theor.-prakt. Hdb...* ⁸⁸⁾, p. 79].
 91. S. C. LIND, *The chemical effect of alpha particles and electrons*, American Chemical Society, Monograph Series, New-York 1921.
 92. DONNÉ, *C. R.* 9, p. 376, 1839.
 93. LÜPPO-CRAMER, *Das latente Bild* ⁶⁶⁾, pp. 2-21.
 94. G. BREDIG, *Eders Jahrb.* 13, p. 357 (365), 1899.
 95. H. SCHOLL, *Wiedemanns Ann. d. Phys.* 68, p. 149, 1899; *Arch. f. wiss. Phot.* 1, p. 241, 1899.
 96. H. NORDENSON, *ZS. f. wiss. Phot.* 15, pp. 1 et 288, 1915.
 97. LÜPPO-CRAMER, *ZS. f. wiss. Phot.* 15, pp. 125 et 313, 1915.
 98. J. C. BOSE, *Proc. Roy. Soc.* 70, p. 185, 1902; *Beiblätter z. d. Ann. d. Phys.* 27, p. 377, 1903. Cf. la critique de cette théorie par SHEPPARD et MEES ⁸⁾, p. 223.
 99. HARDWICH, *Photographic Chemistry*, 6^{me} éd., London 1863, p. 36 [cité d'après STERRY ¹¹⁾ et EDER, *Photochemie* ¹⁾, p. 278].
 100. F. HURTER et V. C. DRIFFIELD, *Eders Jahrb.* 13, p. 193, 1899; *Memorial Volume* ⁵⁵⁾, pp. 159 et 227. — J. M. EDER, *Die Photographie mit Bromsilbergelatine* ⁷⁾, p. 74.
 101. R. NAMIAS, *Chimie fotogr.* ⁸⁸⁾, p. 113; *Theoret.-prakt. Hdb.* ⁸⁸⁾, p. 83.

102. F. WEIGERT, *Die chemischen Wirkungen des Lichts* (Sonderausgabe aus der Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, herausgeg. v. W. HERZ, 17), Stuttgart 1911, p. 74; *ZS. f. Elektrochemie* 23, p. 357 (364), 1917; *ZS. f. angewandte Chemie* 32, p. 616, 1919.
103. A. GUNTZ, *Rev. d. Sc. fotogr.* 1, p. 304, 1905 [cité d'après EDER, *Photochemie* ¹⁾, p. 278].
104. R. FORMHALS, *Chemiker-Ztg.* 39, p. 917, 1916; 40, p. 1001, 1916 (sans la moindre preuve expérimentale).
105. Sv. ARRHENIUS, *Sitz. Ber. d. Wiener Akad.*, II. Abt., 96, p. 831, 1887; *Eders Jahrb.* 9, p. 201, 1895.
106. H. SCHOLL, *Drudes Ann. d. Phys.* 16, pp. 193 et 417, 1905; *ZS. f. wiss. Phot.* 4, p. 1, 1906.
107. J. JOLY, *Nature* 72, p. 308, 1905; *Brit. Journ. of Photogr.* 52, p. 551, 1905. — Cf. la critique de la théorie de JOLY, faite par J. C. KINGDON, *Brit. Journ. of Photogr.* 53, p. 56, 1906; *The Photogr. Journ.* 46, p. 57, 1906.
108. K. SCHAUM, *ZS. f. Elektrochemie* 14, p. 483, 1908.
109. H. St. ALLEN, *The Photogr. Journ.* 54 (38), p. 175, 1914.
110. C. E. K. MEES, *Journ. of Americ. Chem. Soc.* 35, p. 1727, 1913; *Brit. Journ. of Photogr.* 62, pp. 165, 183 et 221, 1915; *Kolloid-ZS.* 18, p. 171, 1916.
111. J. GAEDICKE, *Eders Jahrb.* 23, p. 153, 1909.
112. W. J. RUSSELL, *Proc. Roy. Soc.* 64, p. 409, 1899.
113. C. DOMBROWSKY, Thèse ⁸¹⁾, Leipzig 1908.
114. M. CAREY LEA, *Bull. Soc. fr. de Phot.* 1889, p. 244 [cité d'après NAMIAS, *Theoret.-prakt. Hdb.* ⁸⁸⁾, p. 78].
115. MELDOLA, *Chemistry of Photography* 1891, p. 53 et svtes [cité d'après SHEPPARD et MEES, *Untersuchungen...* ⁸⁾, p. 219].
116. CHOISELAT et RATEL, *C. R.* 16, p. 1436, 1843.
117. R. LUTHER, *Die chemischen Vorgänge in der Photographie* (Knapps Encyklopädie, Heft 36), Halle a. S. 1899, p. 9.
118. J. M. EDER, *Sitz. Ber. d. Wiener Akad.* ¹⁷⁾; *Photochemie* ¹⁾, p. 277.
119. J. M. EDER, *Die Photogr. mit Bromsilbergelatine...* ⁷⁾, p. 73.
120. A. P. H. TRIVELLI, *ZS. f. wiss. Phot.* 8, p. 113, 1910.
121. A. P. H. TRIVELLI, *Eders Jahrb.* 24, p. 86, 1910; *Jahrb. f. Radioaktivität...* ⁸⁹⁾ (p. 347).
122. R. LORENZ, *Die Elektrolyse geschmolz. Salze* ⁴¹⁾, II, p. 64.
123. J. M. EDER, *Photochemie* ¹⁾, p. 270.
124. Fr. ARAGO, *C. R.* 9, p. 250 (258, rem.), 1839; *Œuvres compl.*, Paris 1858, tome 7, p. 478. — DAGUERRE, *Historique et descr. des procédés du daguerréotype et du diorama*. Nouvelle édit. (sans date), p. 18. Cette édit. doit être

la réimpression (augmentée d'une description pratique des procédés) de la première brochure, publiée en 1839 sous le nom d'ARAGO et traduite en allemand, la même année encore, par un anonyme (« *Das Daguerreotyp oder die Erfindung des Daguerre, die mittelst der Camera obscura und des Sonnenmikroskops auf Flächen dargestellten Lichtbilder zu fixieren. Beschrieben von dem berühmten Physiker ARAGO. Aus dem Französischen frei übersetzt von einem deutschen Physiker* », Stuttgart 1839, p. 32).

125. R. ABEGG, *Arch. f. wiss. Phot.* 1, pp. 15 et 268, 1899.
126. R. LORENZ, *ZS. f. Elektrochemie* 7, p. 277, 1900/01.
127. J. M. EDER, *Phot. Corr.* 36, pp. 276, 332, 403 et 650, 1899; *Eders Jahrb.* 14, p. 80, 1900; *Die Photogr. mit Bromsilber-gelatine...* ⁷⁾, pp. 73 et 93; *Photochemie* ¹⁾, p. 278.
128. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Corr.* 38, p. 1, 1901.
129. R. LORENZ ¹²⁶⁾; *Elektrolyse geschmolz. Salze* ⁴¹⁾, II, p. 69.
130. LÜPPO-CRAMER, *Kolloidchemie und Photographie* ⁴⁵⁾; *Phot. Probleme* ⁹⁾, pp. 81, 117 et 217.
131. SHEPPARD et MEES, *Untersuchungen...* ⁸⁾, p. 220.
132. R. ABEGG, *Arch. f. wiss. Phot.* 1, p. 268, 1899.
133. LÜPPO-CRAMER, *Das latente Bild* ⁶⁶⁾, p. 39.
134. E. BAUR, *ZS. f. phys. Chem.* 77, p. 58, 1911.
135. E. BAUR ¹³⁴⁾ (p. 63/64).
136. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Korr.* 49, pp. 310, 355 et 440, 1912; 50, p. 61, 1913.
137. J. PRECHT, *Phys. ZS.* 3, p. 426, 1902.
138. A. GUÉBHARD, *Bull. Soc. fr. de phot.* (2) 19, p. 64, 1903; *C. R.* 138, p. 491, 1904; *Science, Arts, Nature* 6, p. 148, 1904; *Rev. des Sc. phot.* 1, p. 257 (266), 1904; *Journ. de Phys.* (4) 4, p. 334, 1905.
139. J. PRECHT, *ZS. f. wiss. Phot.* 3, p. 75, 1905; J. PRECHT et E. STENGER, *ibid.*, p. 76.
140. H. LUGGIN, *ZS. f. phys. Chemie* 23, p. 577 (626), 1897; *Eders Jahrb.* 12, pp. 156 (162) et 163, 1898.
141. R. LUTHER, *Die chemischen Vorgänge...* ¹¹⁷⁾, pp. 47 et 66.
142. K. SCHAUUM (et W. BRAUN), *Eders Jahrb.* 18, p. 74, 1904.
143. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Korr.* 49, p. 357, 1912.
144. M. ANDRESEN, *Das latente Lichtbild...* ¹⁰⁾, p. 19-23 et svtes.
145. R. BUNSEN et H. ROSCOE, *Pogg. Ann. d. Phys.* 117, p. 529 (576), 1862; — D'après OSTWALD (*Lehrb. d. allgem. Chemie* II, 1, p. 1046), la règle $it = \text{const.}$ avait été déjà formulée par MALAGUTI (*Ann. ch. ph.* 72, p. 5, 1839), mais sans preuve expérimentale [cf. F. WEIGERT, *Die chemischen Wirkungen des Lichts* ¹⁰³⁾, p. 83].
146. FIZEAU et FOUCAULT, *C. R.* 18, p. 746, 1844.

147. A. MIETHE, *Zur Aktinometrie astronomisch-photographischer Fixsternaufnahmen*, thèse, Göttingen 1889.
148. W. de W. ABNEY, *Eders Jahrb.* 9, pp. 123, 149 et 174, 1895. (Traductions de trois mémoires, publiés respect. dans: *The Journal and Transactions of the Roy. Phot. Soc. of Great Britain* 1894, p. 254; *The Photographic Journ.* 18, p. 56, 1893; *Journ. Camera Cl.* 8, p. 46).
149. E. ENGLISCH, 70. Vers. d. Naturf. u. Aerzte, Düsseldorf 1898; *Verhandl. d. Ges. d. Naturf. u. Aerzte*, Leipzig 1899, II/1, p. 171; *Das Schwärzungsgesetz für Bromsilbergelatine*, Halle a. S. 1901, p. 11-25.
150. K. SCHWARZSCHILD, *Phot. Corr.* 36, pp. 109 et 171, 1899; *Eders Jahrb.* 14, p. 161, 1900; *Publikationen der von Kuffner'schen Sternwarte*, Bd. V, Wien-Ottakring, 1900.
151. E. KRON, *Publikationen des astrophysikalischen Observatoriums Potsdam* Nr. 67 (Bd. 22, 5), 1913; *Ann. d. Phys.* (4) 41, p. 751, 1913.
152. A. ODENCRANTS, *Bidrag till frågan om fotografisk fotometri*. Ak. Afh. Upsala 1915 [cité d'après Odencrants]; *ZS. f. wiss. Phot.* 16, pp. 69, 111, 125 et 189, 1916/17.
153. A. et L. LUMIÈRE, *Monit. de la photographie* 1887, p. 27 [cité d'après PRECHT, *Arch. f. wiss. Phot.* 1, p. 11 (15), 1899. ENGLISCH, *Das Schwärzungsgesetz...* ¹⁴⁹), p. 11, et SHEPPARD et MEES, *Untersuchungen...* ⁸), p. 247, indiquent l'année 1881].
154. R. LUTHER, *ZS. f. phys. Chem.* 23, p. 577, 1897; 30, p. 628, 1899.
155. A. ODENCRANTS, *ZS. f. wiss. Phot.* 16, p. 261, 1916/17.
156. LÜPPO-CRAMER, *Photogr. Industrie*, 1912, p. 176.
157. H. v. HELMHOLTZ, *Wied. Ann. d. Phys.* 48, p. 389, 1893.
158. SHEPPARD et MEES, *Untersuchungen...* ⁸), p. 249.
159. H. M. ELDER, *Eders Jahrb.* 8, p. 23, 1894.
160. HURTER et DRIFFIELD, *Memorial Volume* ⁵⁵), pp. 53, 115 et 204.
161. J. M. EDER, *Die Photogr. mit Bromsilbergelatine...* ⁷), p. 242.
162. E. GOLDBERG, *Eders Jahrb.* 25, p. 149, 1911; *ZS. f. wiss. Phot.* 10, p. 238, 1912.
163. W. B. FERGUSON, *The Phot. Journ.* 51, p. 405, 1911; *Eders Jahrb.* 26, p. 469, 1912.
164. F. F. RENWICK, *The Phot. Journ.* 51, p. 414, 1911; *Eders Jahrb.* 26, p. 469, 1912.
165. A. von HÜBL, *Phot. Korr.* 55, p. 42, 1918.
166. A. ODENCRANTS, *Z. S. f. wiss. Phot.* 18, p. 209, 1918.
167. J. M. EDER, *Sitz. Ber. d. Wiener Akad., Abt. IIa*, 128,

- p. 507, 1919; *Phot. Korr.* 56, p. 141, 1919. — *Ein neues Graukeil-Photometer für Sensitometrie, photographische Kopierverfahren und wissenschaftliche Lichtmessungen*, Halle a./S. 1920.
168. A. ODENCRANTS, *ZS. f. wiss. Phot.* 16, p. 67, 1916; 18, p. 209, 1918.
169. W. NODDACK, F. STREUBER et H. SCHEFFERS, *Sitz. Ber. d. Berlin. Akad.* 40, p. 210, 1922.
170. R. NEUHAUSS, *Eders Jahrb.* 9, p. 186, 1895.
171. E. MÜHLESTEIN, *Arch. Sc. phys. et nat.*, 5^{me} pér. 4, p. 38 (56), 1922.
172. K. SCHAUM, *Eders Jahrb.* 25, p. 174, 1911.
173. The SVEDBERG, *ZS. f. wiss. Phot.* 20, p. 36, 1920.
174. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Probleme* ⁹⁾, p. 41.
175. J. RHEDEN, *ZS. f. wiss. Phot.* 16, pp. 33 et 92, 1916.
176. R. W. WOOD, *Phys. ZS.* 9, p. 355, 1908.
177. J. M. EDER, *Phot. Korr.* 46, p. 279, 1909 [cité d'après LÜPPO-CRAMER ⁶⁸⁾, p. 27].
178. F. WEIGERT, *Sitz. Ber. d. Preuss. Akad.* 39, p. 641, 1921.
179. A. GUÉBHARD, *C. R.* 126, p. 40, 1898.
180. J. M. EDER, *Die Photogr. mit Bromsilbergelatine* ⁷⁾, p. 87.
181. R. ABEGG, *Arch. f. wiss. Phot.* 1, p. 15, 1899.
182. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Probleme* ⁹⁾, p. 43.
183. J. M. EDER, *Die Photogr. mit Bromsilbergelatine...* ⁷⁾, p. 77.
184. LÜPPO-CRAMER, *Phot. Probleme* ⁹⁾, p. 53.
185. V. BELLACH, *Die Struktur der photographischen Negative*, Thèse, Marburg 1903, p. 34.
186. A. A. MEISLING, *Oversigt...* ⁸⁰⁾, Nr. 4, p. 167 (réd. en langue française).
187. G. QUINCKE, *Ann. d. Phys.* (4), 11, p. 1100, 1903.
188. R. ZSIGMONDY ⁵¹⁾, *Zur Erkenntnis der Kolloide*, p. 87; *Kolloidchemie*, p. 12.
189. J. EGGERT et W. NODDACK, *Sitz. Ber. d. Preuss. Akad.* 39, p. 631, 1921.
190. F. WEIGERT, *Phot. Korr.* 59, (tirage à part p. 1), 1922; cf. ¹⁷⁸⁾ (p. 645) où sont indiqués encore: *Ann. d. Phys.* 63, p. 681, 1920; *ZS. für Phys.* 3, p. 437, 1920.
-