



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

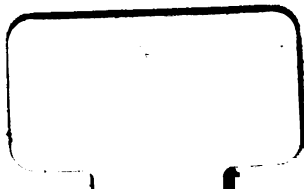
En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

**HARVARD COLLEGE
LIBRARY**



**BOUGHT WITH
MONEY RECEIVED FROM
LIBRARY FINES**

TRANSFERRED TO
FINE ARTS LIBRARY



BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE.

LA
PHOTOGRAPHIE

SANS OBJECTIF

—
AU MOYEN D'UNE PETITE OUVERTURE.

—
PROPRIÉTÉS. — USAGE. — APPLICATIONS.

Par **R. COLSON,**

Capitaine du Génie,
Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique.

—
DEUXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE.



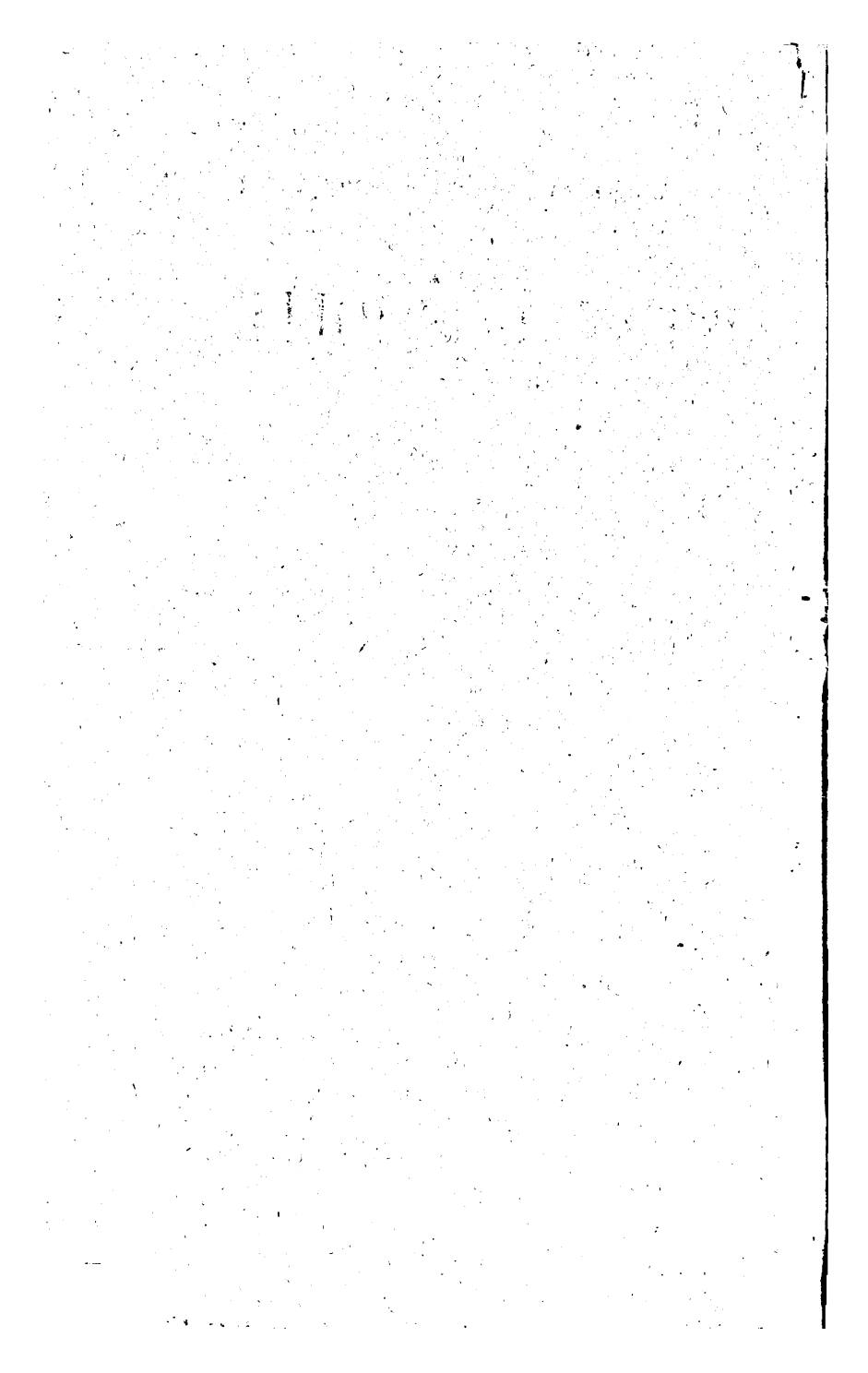
PARIS,

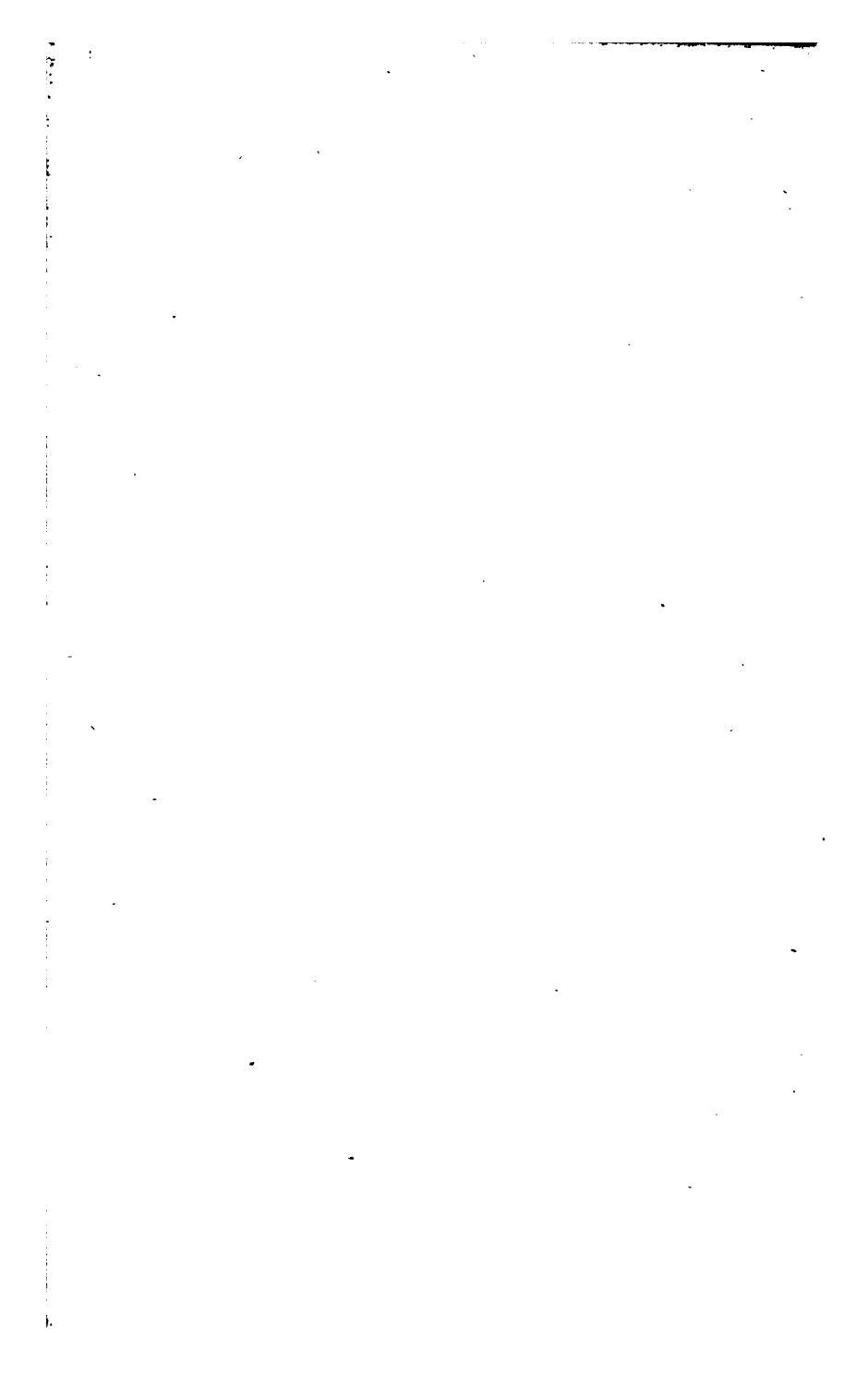
GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

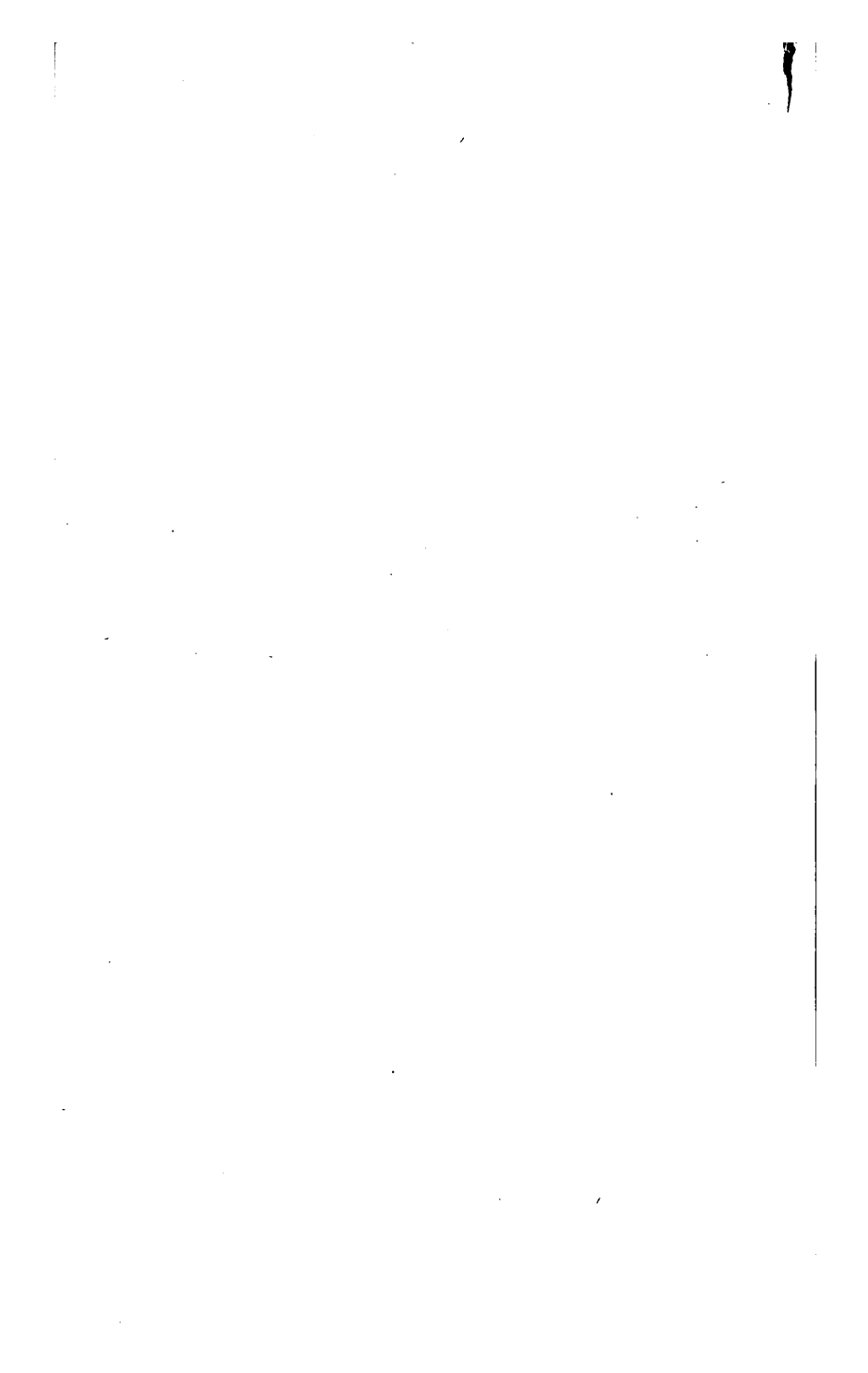
ÉDITEURS DE LA BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

—
1891

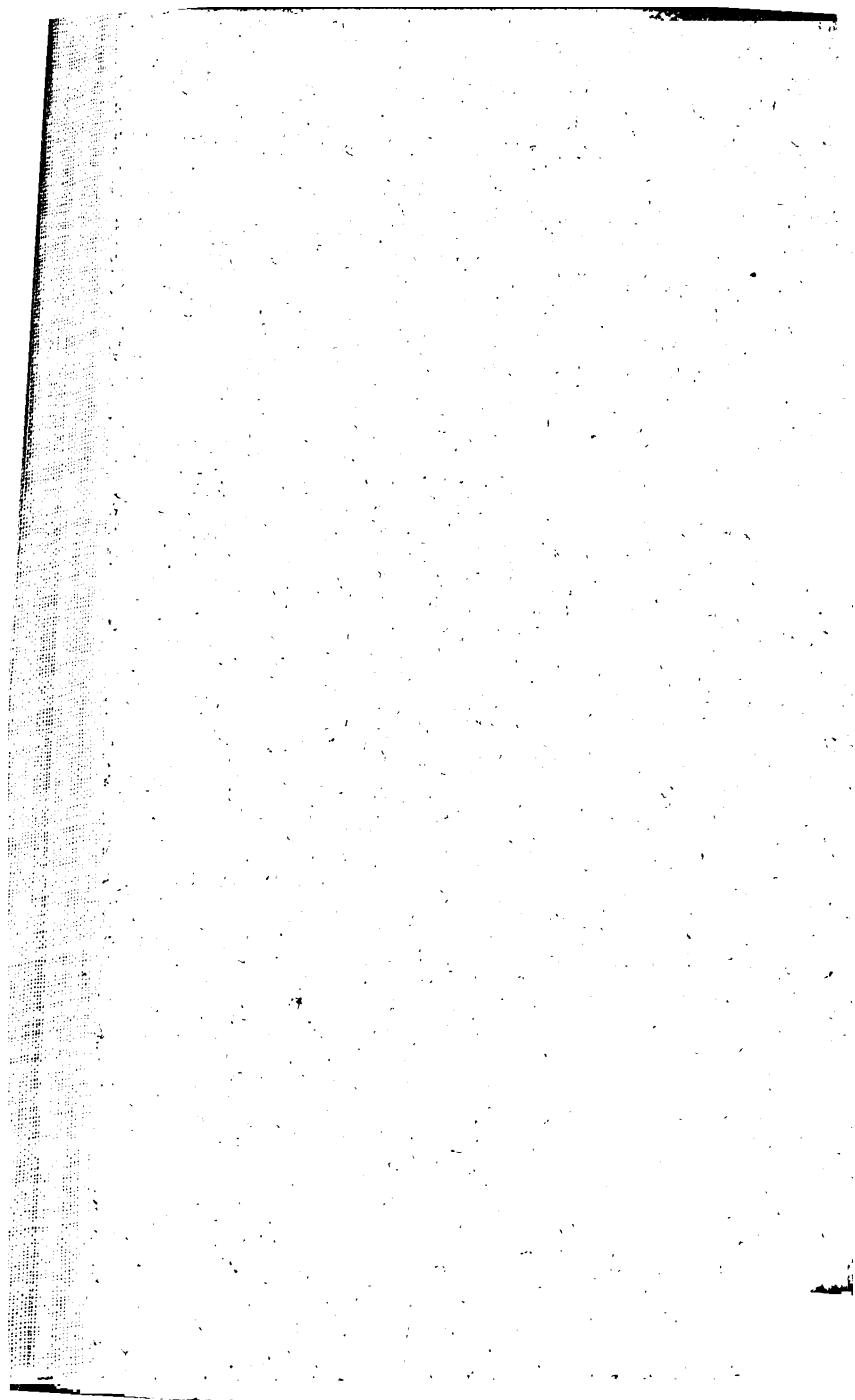






LA
PHOTOGRAPHIE
SANS OBJECTIF.

Paris. — Imp. Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Grands-Augustins.



SECRET

PHOTOMÉTRIE

SANS LUMIÈRE

ESPLANADE DES INVALIDES

Par M. G. L. L.

l'usage au géomètre.

Distance de la plaque sensible à l'ouverture, 0,25.

Diamètre de l'ouverture, 0,02.

Temps de pose, 3 minutes.



PARIS,

GUTHRIE, AVENUE DES ÉCOLES MILITAIRES, 105, PARIS 16^e.

1907. Tous droits réservés. — Imprimé en France.

Éditions GUTHRIE, 105, Avenue des Écoles Militaires, Paris 16^e.

1907

Tous droits réservés.

ESPLANADE DES INVALIDES

Plaque au gélatinobromure.

Distance de la plaque sensible à l'ouverture, 0^m,28.

Diamètre de l'ouverture, 0^{mm},5.

Temps de pose, 3 minutes.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE.

0

LA
PHOTOGRAPHIE
SANS OBJECTIF

AU MOYEN D'UNE PETITE OUVERTURE.

PROPRIÉTÉS. — USAGE. — APPLICATIONS.

Par **R. COLSON**,

Capitaine du Génie,
Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique.

DEUXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

ÉDITEURS DE LA BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1891

(Tous droits réservés)

FA 6650.82

✓



PRÉFACE.

L'Auteur profite de cette deuxième édition, nécessitée par l'épuisement de la première, pour y apporter plusieurs additions et modifications résultant d'une étude complémentaire de ce procédé. Dans ces additions figurent : la détermination de la loi du maximum de netteté, l'estimation du degré absolu de netteté, l'application à la reproduction des dessins, et un certain nombre de renseignements pratiques.

Le Chapitre I est, comme dans la première édition, mais avec quelques changements, consacré à un examen comparatif de la formation des images au moyen des lentilles convergentes et des petites ouvertures; on y démontre que celles-ci possèdent certaines propriétés remarquables dont celles-là sont dépourvues, telles que : grande amplitude de mise au point, champ étendu, et précision géométrique.


Le Chapitre II, entièrement nouveau, montre la marche suivie par l'Auteur pour arriver à la formule générale qui relie les distances de l'objet et de l'image à l'ouverture et le diamètre de celle-ci dans le cas du maximum de netteté; le lecteur y verra comment la théorie et l'expérience ont permis d'obtenir ce résultat, qui présente une très grande importance en raison de l'intérêt capital qui s'attache au maximum de netteté. La discussion de la formule générale met en relief la solution de quelques problèmes intéressants, par exemple en ce qui concerne les amplifications et réductions.

Dans le Chapitre III, on donne des renseignements pratiques sur la construction de la chambre et de l'ouverture, la mise en plaque et le temps de pose.

Enfin, dans le Chapitre IV, on examine les applications auxquelles ce procédé se prête tout particulièrement : 1° vues de paysages et de monuments, avec de longues perspectives; 2° vues panoramiques en perspective cylindrique; 3° levers topographiques, donnant la planimétrie et

le nivellement au moyen de quelques constructions géométriques très simples; 4° vues stéréoscopiques; 5° reproduction de dessins, et transformation de dessins à hachures en représentations à modelé continu et à demi-teintes, application qui semble appelée à une utilisation industrielle.

Après cette étude plus complète, on est amené à conclure de nouveau que : ce procédé, fondé sur l'emploi d'un petit trou comme seul organe optique, est susceptible de rendre de grands services, non seulement par ses caractères spéciaux, à l'officier, au topographe, au touriste, à l'ingénieur, à l'architecte et à l'artiste, mais encore, d'une façon générale, par sa simplicité, par son amplitude de mise au point et par la facilité avec laquelle chacun peut se procurer chambre et ouverture, à tous les amateurs de Photographie.





LA PHOTOGRAPHIE

SANS OBJECTIF.

CHAPITRE I.

FORMATION DES IMAGES DANS LA CHAMBRE NOIRE
A PETITE OUVERTURE.
COMPARAISON AVEC LES IMAGES PRODUITES
PAR LES LENTILLES CONVERGENTES.

On connaît depuis longtemps le phénomène de la formation des images dans une chambre obscure, dont les volets sont percés d'un trou par lequel pénètrent des rayons lumineux qui émanent d'objets placés à l'extérieur. Il suffit, pour observer ces images, de les recevoir sur un écran, tel qu'une feuille de papier, un mur, etc. ; on reconnaît alors facilement que la netteté des images est plus grande avec une ouverture circulaire qu'avec toute autre forme.

Ce phénomène, dont la découverte est de beaucoup antérieure à celle des propriétés des

lentilles de verre, n'a pas été utilisé à l'origine de la Photographie, parce que les substances employées à cette époque, telles que le bitume de Judée et le chlorure d'argent, possèdent une faible sensibilité, et qu'il faut, pour les impressionner suffisamment, des images beaucoup plus éclairées que celles qui proviennent d'une ouverture de quelques dixièmes de millimètre de diamètre; les lentilles convergentes pouvaient seules produire cette intensité de lumière.

Depuis cette époque, et par suite des progrès rapides de la Photographie, ces substances ont été remplacées par d'autres de plus en plus sensibles : d'abord par le collodion, imprégné d'iode et de bromure d'argent, qui a permis de réduire déjà beaucoup la durée de pose, puis par le gélatinobromure d'argent, dont la sensibilité est telle qu'il est devenu possible de photographier instantanément des objets animés de mouvements rapides, tels qu'un cheval au galop, un oiseau au vol, etc. Cette faculté d'obtenir des photographies instantanées, qui prennent la vie pour ainsi dire sur le fait, exerce une grande séduction, et les progrès rapides accomplis dans cette voie en font présager d'autres qui permettront sans doute bientôt, grâce à une

sensibilité encore plus grande, de réaliser des vues instantanées au moyen d'une petite ouverture ; ce résultat est d'ailleurs bien près d'être atteint, car il suffit aujourd'hui, avec ce procédé, de moins d'une seconde pour obtenir un cliché d'intensité suffisante en employant des plaques Lumière (marque bleue) dans de bonnes conditions d'éclairement.

Mais combien d'applications pour lesquelles cette instantanéité n'est pas nécessaire, et auxquelles il suffit d'appareils photographiques très simples utilisant à la fois les images dues à la simple ouverture et l'emploi si commode du gélatinobromure ! On y gagne non seulement une simplification de matériel et une économie sensible, mais encore la possibilité de mettre à profit un phénomène qui présente certains caractères précieux.

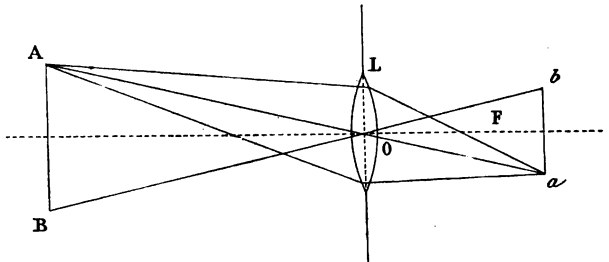
Les images produites par une petite ouverture possèdent, en effet, trois propriétés remarquables, dont les images dues aux objectifs sont dépourvues. Il est facile de s'en convaincre en étudiant la façon dont les images se forment dans les deux cas.

Nous commencerons par les lentilles.

Soient une lentille convergente L (*fig. 1*) et

un objet AB donnant au moyen de cette lentille une image ab renversée. La position de cette image est bien déterminée dans l'espace, et il faut, pour l'apercevoir nettement, disposer l'écran à une distance précise de la lentille ; si on le place un peu plus près ou un peu plus

Fig. 1.



loin, de quelques millimètres seulement, la netteté diminue très vite.

Dans la chambre noire photographique, formée de deux parois verticales et parallèles réunies par un soufflet qui permet de les écarter plus ou moins, la paroi antérieure porte la lentille, et la surface sensible placée sur la paroi postérieure joue le rôle d'écran. La lentille prend le nom d'*objectif photographique*, par analogie avec la lentille qui, dans les lunettes, est tournée vers les objets à examiner. Un verre

dépoli peut s'adapter à la place de la surface sensible et permet d'apercevoir, de l'extérieur de cette sorte de boîte, en s'abritant du jour sous un voile noir, les images qui se peignent sur la face intérieure du verre.

On vérifie ainsi facilement les particularités de la formation des images au moyen des objectifs.

1° Si l'objet AB se trouve très près de la lentille, tout en étant en dehors du foyer principal, l'image *ab* se forme en dehors et très loin du foyer principal F; si AB s'éloigne, *ab* se rapproche de F; lorsque la distance de AB devient très grande, c'est-à-dire atteint quelques centaines de mètres, *ab* se forme en F, car alors les rayons lumineux qui, émanant d'un point quelconque de AB, tombent sur la lentille, peuvent être considérés comme parallèles, et l'on sait que, dans ce cas, leur convergence a lieu sur une perpendiculaire à l'axe optique principal de la lentille, passant par le point F; nous rappelons que l'on nomme *axe optique principal* d'une lentille la droite qui joint les centres des deux surfaces sphériques entre lesquelles la masse de verre est limitée.

La position de l'écran pour laquelle l'image

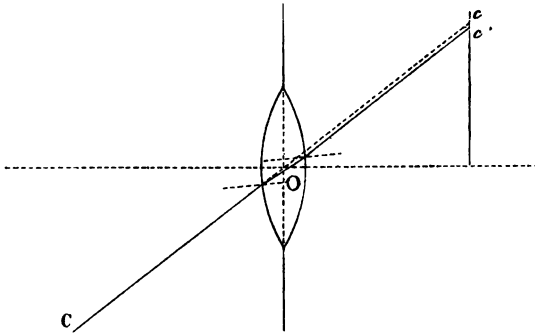
est nette dépend donc de la distance de l'objet à la lentille ; elle n'est nette, c'est-à-dire au point, suivant l'expression consacrée, qu'à une certaine distance du foyer principal F pour les plans rapprochés, et qu'à l'emplacement même du foyer pour les plans éloignés ; dans l'intervalle, la mise au point se fait entre ces deux positions extrêmes. Il en résulte qu'il n'est pas possible d'obtenir à la fois, dans une même position de l'écran, des images nettes de tous les objets extérieurs ; si l'on fait le point pour les objets rapprochés, les lointains manquent de netteté ; si on le fait pour les objets éloignés, c'est l'inverse.

2° Un écran de surface déterminée contiendra les images d'un nombre d'objets d'autant plus grand que sa position sera plus rapprochée de la lentille ; donc, il y a avantage à ce point de vue à diminuer la distance focale OF, c'est-à-dire à augmenter la convergence de la lentille. On parvient ainsi à donner une plus grande valeur à l'angle sous lequel les rayons lumineux extrêmes entrent dans la chambre ; cet angle s'appelle le *champ de l'objectif*. Mais, en augmentant la courbure de la lentille, on déforme les images ; on diminue cet inconvénient en substituant à la lentille unique un système de deux

ou plusieurs lentilles, dont l'ensemble donne une faible distance focale, mais dont chacune possède une courbure moindre. Malgré tout, le champ des objectifs photographiques atteint difficilement 60° sans déformation trop sensible.

3° Considérons (*fig. 2*) un rayon passant par

Fig. 2.



le centre O de la lentille et faisant un certain angle avec l'axe optique principal ; comme il rencontre la surface de la lentille sous un angle différent de 90° , il se réfracte en entrant dans le verre en se rapprochant de la normale à la surface en ce point, puisque le verre est plus dense que l'air ; à sa sortie, il se réfracte également, en s'éloignant cette fois de la normale. Si l'on admet

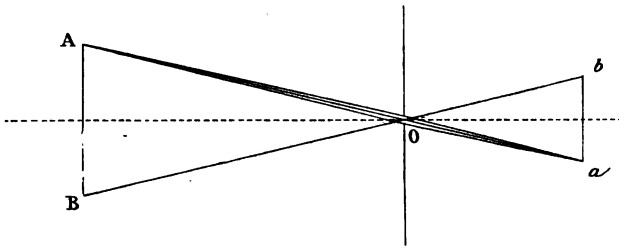
que la lentille soit biconvexe et que la courbure de la surface de sortie soit égale à celle de la surface d'entrée, le rayon prend une direction sensiblement parallèle à sa direction primitive, mais avec un certain écart, de sorte que, au lieu de rencontrer l'écran en c sur le prolongement de cette première direction, il le rencontre en c' , qui peut être notablement éloigné de c . Il y a donc, même dans le cas où les deux surfaces ont la même courbure, déformation des images, d'autant plus grande que les rayons font un plus grand angle avec l'axe optique ; cette déformation est appréciable sur les bords, surtout dans les objectifs à court foyer qui présentent une certaine épaisseur de verre.

Passons maintenant à la chambre noire à simple ouverture.

Soient O (*fig. 3*) une ouverture circulaire telle qu'elle puisse donner des images nettes (*voir* Chap. II), AB un objet, ab son image. Le rayon émanant de A et passant par le centre O de l'ouverture n'est pas dévié, parce qu'il occupe une position symétrique par rapport aux bords du trou ; il constitue l'axe d'un faisceau qui part de A , tombe sur la surface de l'ouverture et se concentre en a . Il y a, ainsi que nous

le verrons plus loin, une position de l'écran pour laquelle, étant donné un diamètre déterminé d'ouverture, l'image ab de l'objet AB présente un maximum de netteté; on peut écarter l'écran notablement, même de quelques centimètres, de la position précise de mise au point,

Fig. 3.



sans que la netteté en soit sensiblement altérée.

En examinant les effets produits dans cette chambre sur des plaques sensibles, nous sommes arrivés aux résultats suivants, que nous résumons ici en quelques lignes, et dont on trouvera le détail dans les Chapitres ci-après :

1° Les premiers et les derniers plans sont au point en même temps, et l'on peut, sans changer la chambre de place, faire varier les dimensions de l'image en écartant plus ou moins l'écran de l'ouverture, dans certaines limites permises par le diamètre du trou.

2° Le champ dépend uniquement du diamètre de l'ouverture et de l'épaisseur des bords; on peut atteindre et même dépasser 90°.

3° L'axe de chaque faisceau lumineux n'éprouvant aucune déviation en entrant dans la chambre, les images se trouvent à leur place géométrique et ne présentent pas de déformation.

Conclusion

Il résulte de cet examen comparatif que la simple ouverture possède trois propriétés remarquables dont les objectifs sont dépourvus :

1° Elle donne des images nettes entre des limites étendues de distance de l'écran à l'ouverture et de l'objet à l'ouverture.

2° Elle possède un grand champ qui atteint et même dépasse 90°.

3° Elle produit des images sans déformation et dont la position est déterminée avec une précision géométrique.



CHAPITRE II.

DÉTERMINATION DE LA LOI DU MAXIMUM DE NETTETÉ.

Après avoir exposé les avantages que présente l'application à la Photographie de ce mode de formation des images, il y a lieu de déterminer la loi exacte qui relie le diamètre de l'ouverture à la distance à laquelle il faut placer la surface sensible par rapport à l'ouverture pour obtenir le maximum de netteté. C'est là, en effet, un point capital, qui domine toutes les applications de ce procédé, et qu'il importe d'éclaircir complètement.

Pour arriver à ce résultat, voici la marche que j'ai suivie :

Je me suis d'abord placé dans le cas le plus simple, et aussi le plus fréquent dans la pratique : c'est celui où l'objet est assez éloigné de l'ouverture pour qu'une variation dans cette distance n'influe pas sur la position qu'il faut

donner à la surface sensible, par rapport à l'ouverture, pour avoir le maximum de netteté. Il suffit, pour cela, que la distance soit d'une centaine de mètres, et même moins. J'ai donc opéré dans ces conditions, suivant le détail indiqué ci-après, et j'ai trouvé une certaine loi uniquement par l'expérience.

J'ai recouru ensuite à des considérations théoriques, fondées sur la notion, parfaitement justifiée aujourd'hui, du mouvement vibratoire lumineux; au moyen d'un calcul élémentaire, j'en ai déduit une formule générale donnant, en fonction d'un certain coefficient qui caractérise le maximum de netteté, la relation devant exister entre les distances de l'objet et de l'image à l'ouverture et le diamètre de cette ouverture pour que le maximum de netteté soit réalisé. Si l'on suppose alors que l'objet est très éloigné, cette relation se simplifie et devient comparable à celle qui a été trouvée expérimentalement dans les mêmes conditions de distance de l'objet.

En identifiant les deux résultats ainsi obtenus, l'un expérimental, l'autre théorique, on arrive à déterminer la valeur numérique du coefficient qui caractérise le maximum de netteté.

Cette valeur est portée dans la relation théo-

rique générale, qui permet alors d'obtenir, dans tous les cas, le maximum de netteté; l'expérience en fournit d'ailleurs une vérification complète, même lorsque l'objet est approché à une distance de quelques centimètres de l'ouverture.

Détermination expérimentale du maximum de netteté.

Pour réaliser la première partie de ce programme, j'ai photographié le dôme des Invalides, à une distance de 200^m environ, en disposant successivement des plaques sensibles au gélatinobromure (Lumière, marque bleue) à des distances de l'ouverture variant de 10^{cm} en 10^{cm}, depuis 10^{cm} jusqu'à 1^m, et en prenant pour chacune de ces distances une série d'ouvertures dont le diamètre variait de dixième en dixième de millimètre. On donnait aux différents clichés des durées de pose telles que chacun d'eux reçût à peu près la même quantité de lumière en chaque point. On avait soin de leur donner aussi, autant que possible, le même degré de développement.

Les épreuves positives tirées de ces clichés

ont été ensuite disposées en un Tableau destiné à faire ressortir la loi cherchée. Comme les images correspondant à une même distance de la plaque sensible ont les mêmes dimensions, il est possible et facile de comparer leur degré de netteté.

On remarque ainsi, pour chaque position de la plaque par rapport à l'ouverture, un maximum de netteté, qui correspond à un certain diamètre de l'ouverture ; pour des diamètres de plus en plus grands ou de plus en plus petits à partir de celui-là, la netteté diminue d'une façon très sensible. Autrement dit, il existe pour chaque distance de la plaque à l'ouverture un diamètre pour lequel la netteté passe par un maximum, et réciproquement. Si l'on convient d'appeler *foyer* la position pour laquelle l'image présente un maximum de netteté, par analogie avec ce qui se passe pour les objectifs, la distance de cette position à l'ouverture peut être désignée sous le nom de *distance focale*, d'une façon générale, et sous celui de *distance focale principale* lorsque l'objet qui donne lieu à l'image est placé assez loin pour que les rayons lumineux partant d'un même point de cet objet et passant par le centre et les bords de l'ouver-

ture puissent être considérés comme parallèles. Comme l'objet qui m'a servi dans ces expériences remplissait cette condition d'éloignement, on peut dire que, *à chaque diamètre d'ouverture correspond une certaine distance focale principale, et réciproquement.*

Dans chaque colonne verticale du Tableau, les épreuves correspondent à une même distance de la plaque à l'ouverture et sont disposées suivant l'ordre croissant des diamètres d'ouverture variant de dixième en dixième de millimètre. Dans chaque rangée horizontale, les épreuves correspondent à un même diamètre d'ouverture et sont rangées suivant l'ordre croissant des distances de la plaque à l'ouverture variant de 10^{cm} en 10^{cm}.

Désignons par d le diamètre de l'ouverture, et par F la distance focale principale correspondante, définie comme il vient d'être expliqué. Pour chaque valeur de F , 100^{mm}, 200^{mm}, etc., le Tableau indique clairement, par l'image la plus nette, la valeur de d qui donne le maximum de netteté.

Un premier examen montre tout d'abord que les épreuves les plus nettes se trouvent sensiblement sur une courbe qui affecte la forme

d'une parabole dont le grand axe serait l'axe des F , et qui serait tangente à l'origine à l'axe des d .

Il vient donc à l'idée de calculer les valeurs successives de l'expression $\frac{d^2}{F}$, après avoir cherché à déterminer le plus exactement possible la valeur de d qui correspond à chaque valeur de F pour le maximum de netteté. Je suis ainsi arrivé aux chiffres contenus dans le Tableau ci-dessous pour ces valeurs de F , d et $\frac{d^2}{F}$, exprimées en millimètres.

F	d	$\frac{d^2}{F}$
<small>mm</small> 100	<small>mm</small> 0,28	<small>mm</small> 0,00078
200	0,4	0,00080
300	0,5	0,00083
400	0,57	0,00082
500	0,64	0,00082
600	0,7	0,00081
700	0,75	0,00080
800	0,80	0,00080
900	0,85	0,00080
1000	0,9	0,00081
1500	1,1	0,00081

La valeur de $\frac{d^2}{F}$ est donc très sensiblement constante, à part de faibles écarts qui sont de l'ordre des erreurs de l'expérience, et a pour moyenne le nombre $0^{\text{mm}},00081$.

La loi du maximum de netteté est dès lors représentée par la relation

$$\frac{d^2}{F} = 0^{\text{mm}},00081$$

ou

$$d^2 = 0^{\text{mm}},00081 F.$$

Elle exprime bien une parabole et permet de calculer l'une des quantités d et F lorsque l'autre est donnée.

Considérations théoriques.

Soit O le centre d'une ouverture de rayon OM percée dans un écran opaque; soit A un point lumineux situé sur une perpendiculaire OA élevée au plan de l'ouverture par le centre O (*fig. 4*).

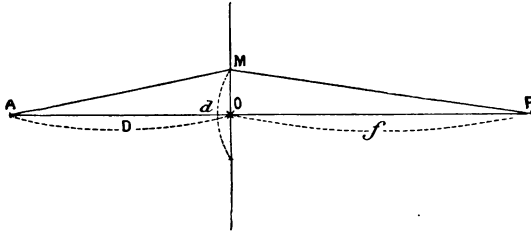
Le point lumineux A est l'origine et le centre d'un mouvement vibratoire qui se transmet dans l'espace sous forme d'une onde sphérique.

Ce mouvement arrive au point O avant d'atteindre le point M, et il existe entre les rayons lumineux AM et AO une différence de marche représentée par la différence des trajets

$$AM - AO.$$

Chacun des points O et M peut, à son tour,

Fig. 4.



être considéré comme un centre d'ébranlement (principe de Huyghens) transmettant de l'autre côté de l'ouverture une vibration qui dépend de celle qu'il a reçue de A.

Soit P un point pris sur l'axe dans le prolongement de AO; il reçoit un mouvement vibratoire de chacun des points O et M, et les deux rayons MP et OP ont une différence de marche représentée par

$$MP - OP.$$

La différence totale de marche du rayon central AOP et du rayon marginal AMP est donc égale à

$$AM - AO + MP - OP.$$

Si l'on appelle D la distance AO de l'objet à l'ouverture, f la distance OP de l'ouverture au point P considéré comme position du maximum de netteté, et d le diamètre de l'ouverture, cette expression devient

$$\sqrt{D^2 + \frac{d^2}{4}} - D + \sqrt{f^2 + \frac{d^2}{4}} - f.$$

D'autre part, si nous désignons par λ la longueur d'onde de la vibration lumineuse qui produit l'effet photographique, c'est-à-dire la distance qui sépare, sur chacun de ces rayons, deux points consécutifs se trouvant au même moment dans la même phase du mouvement vibratoire qui caractérise cette radiation, la différence totale de marche peut aussi être représentée par $n\lambda$, n étant un nombre entier ou fractionnaire à déterminer.

On a donc la relation générale

$$\sqrt{D^2 + \frac{d^2}{4}} - D + \sqrt{f^2 + \frac{d^2}{4}} - f = n\lambda.$$

Si l'objet est placé à une distance suffisante de l'ouverture pour que les longueurs AM et AO puissent être considérées comme égales (ce qui revient à dire que les droites AM et AO peuvent être considérées comme parallèles), la différence de marche se réduit à MP — OP, et la distance focale f devient la distance focale principale F. C'est le cas dans lequel je me suis placé pour la recherche expérimentale. La relation précédente se réduit alors à

$$\sqrt{F^2 + \frac{d^2}{4}} - F = n\lambda.$$

On en tire

$$F^2 + \frac{d^2}{4} = (F + n\lambda)^2,$$
$$d^2 = 4n\lambda (n\lambda + 2F).$$

Or le terme $n\lambda$, qui représente la différence de marche, est négligeable par rapport à $2F$, étant donné la petitesse de l'ouverture. Il reste donc

$$d^2 = 8n\lambda F.$$

Dans cette expression, nous connaissons λ , longueur d'onde de la radiation qui produit le plus d'effet sur le gélatinobromure; on admet

$$\lambda = 0^{\text{mm}}, 000430.$$

Il reste à déterminer n , qui joue ici le rôle d'un coefficient caractérisant le maximum de netteté de l'image photographique.

Or, dans ces mêmes conditions, l'expérience nous a donné la loi

$$d^2 = 0^{\text{mm}},00081 F.$$

Ici nous trouvons

$$d^2 = 8 n \lambda F.$$

Donc, pour une même valeur de d et de F , nous devons avoir

$$8 n \lambda = 0^{\text{mm}},00081,$$

et, en remplaçant λ par sa valeur,

$$n = \frac{0^{\text{mm}},0001}{0^{\text{mm}},00043} = \frac{1}{4} \text{ environ.}$$

Dans une étude plus complète, j'ai cherché à définir théoriquement le maximum de netteté et à en introduire les conditions dans le calcul des interférences, appliqué au cas particulier d'une petite ouverture circulaire; ces développements sont trop abstraits et trop longs pour trouver place ici; il me suffira de dire que j'ai trouvé ainsi un résultat d'où l'on déduit bien $n = \frac{1}{4}$, avec une approximation plus que satis-

faisante pour les besoins de la pratique. C'est donc cette valeur, justifiée par la théorie et par l'expérience, que nous admettrons dans le calcul élémentaire qui va nous donner la relation pratique générale entre D , d et f .

Loi générale du maximum de netteté.

Reprenons la relation générale

$$\sqrt{D^2 + \frac{d^2}{4}} - D + \sqrt{\frac{d^2}{4} + f^2} - f = n\lambda.$$

En effectuant les calculs pour faire disparaître les radicaux, et négligeant les termes en λ^2 et en λd^2 , qui sont très petits, on arrive à une équation du second degré de laquelle on tire

$$f = \frac{D d^2}{8 n \lambda D - d^2}.$$

Remplaçons n et λ par leur valeurs numériques; il vient

$$f = \frac{D d^2}{0^{\text{mm}}, 00081 D - d^2}.$$

Cette relation permet de calculer f si l'on connaît D et d .

On peut encore l'écrire sous la forme suivante

$$d^2 = \frac{0^{\text{mm}}, 00081 D f}{D + f},$$

qui donne le carré du diamètre si l'on connaît D et f .

L'une ou l'autre de ces deux formes permet donc de calculer la distance focale ou le diamètre de l'ouverture; cette loi est générale et embrasse tous les cas particuliers.

Nous allons examiner quelques conséquences intéressantes qui résultent de cette loi générale.

Conséquences.

1° Considérons la relation qui donne la distance f de la plaque sensible à l'ouverture pour le maximum de netteté.

$$f = \frac{D d^2}{0^{\text{mm}}, 00081 D - d^2}.$$

Elle peut s'écrire, en divisant le numérateur et le dénominateur par D ,

$$f = \frac{d^2}{0^{\text{mm}}, 00081 - \frac{d^2}{D}}.$$

Supposons que la distance D de l'objet à l'ouverture soit d'abord très petite et égale en particulier à la distance focale principale F ; on a alors

$$D = F = \frac{d^2}{0^{\text{mm}},00081},$$

d'où

$$\frac{d^2}{D} = 0^{\text{mm}},00081.$$

Pour cette valeur le dénominateur de f devient nul, et f devient infiniment grand; cela signifie que la netteté de l'image augmente indéfiniment pour l'ouverture de diamètre d déterminé par la relation

$$d^2 = 0^{\text{mm}},00081 D,$$

lorsque la plaque sensible s'éloigne indéfiniment de l'ouverture.

2° Supposons maintenant que l'objet s'éloigne de l'ouverture, D augmente; pour une même valeur de d , le dénominateur de f augmente, et f diminue; la position du maximum de netteté se rapproche par conséquent de l'ouverture.

Au moment où D devient égal au double de la distance focale principale, on a

$$\begin{aligned} D &= 2F, \\ f &= 2F = D, \end{aligned}$$

c'est-à-dire que, lorsque l'objet se trouve à une distance de l'ouverture égale au double de la distance focale principale, la position du maximum de netteté est aussi à une distance de l'ouverture égale au double de la distance focale principale. Les dimensions de l'image sont alors égales à celles de l'objet.

Ce cas se rencontre dans la reproduction des dessins sans changement d'échelle. On voit que le diamètre d'ouverture à employer est alors précisément celui qui donnerait une distance focale principale égale à la moitié de la distance du dessin à l'ouverture.

3° Éloignons l'objet de plus en plus par rapport à l'ouverture; f continue à diminuer. A la limite, lorsque D devient infiniment grand, l'expression $\frac{d^2}{D}$ devient nulle, et f , qui est alors par définition la distance focale principale, devient

$$f = \frac{d^2}{0^{\text{mm}},00081}.$$

On retrouve ainsi le cas particulier qui a été étudié expérimentalement.

4° Supposons qu'on veuille obtenir une image K fois plus grande que l'objet; si K est plus

grand que 1, c'est une amplification; s'il est plus petit que 1, c'est une réduction.

Comme les distances D de l'objet à l'ouverture, et f de l'image à l'ouverture, sont respectivement proportionnelles à la grandeur de l'objet et à la grandeur de l'image, on a

$$f = KD,$$

ce qui donne les trois expressions suivantes :

$$D = \frac{(1 + K) d^2}{0^{\text{mm}}, 00081 K},$$

$$f = \frac{(1 + K) d^2}{0^{\text{mm}}, 00081},$$

$$d^2 = \frac{0^{\text{mm}}, 00081 f}{1 + K}.$$

De là résultent deux marches à suivre :

On peut se donner f par la condition que l'image se trouve comprise tout entière sur la surface sensible pour un champ représenté par un angle d'une certaine valeur. Connaissant ainsi f , on calcule d par la formule

$$d^2 = \frac{0^{\text{mm}}, 00081 f}{1 + K},$$

puis D par la relation

$$D = \frac{f}{K}.$$

Ou bien, on veut employer un certain diamètre d'ouverture d ; on calcule alors f par l'expression

$$f = \frac{(1 + K) d^2}{0^{\text{mm}},00081},$$

et l'on a

$$D = \frac{f}{K}.$$

Il y aurait encore une troisième marche, qui consisterait à se donner D et à calculer f et d ; mais elle se rencontre rarement dans la pratique; nous ne donnerons des exemples que des deux premières.

a. Supposons qu'on veuille obtenir une image quatre fois plus grande que l'objet: alors

$$K = 4.$$

Prenons $0^{\text{m}},50$ pour la plus grande dimension de l'objet; la partie correspondante de l'image aura 2^{m} (une aussi grande dimension de surface sensible n'a rien d'impossible avec l'emploi d'une bande de papier au gélatinobromure et d'une caisse formant chambre noire). Pour utiliser tout le champ de 90° de l'ouverture, on

pourra placer la surface sensible à 1^m de l'ouverture; on aura

$$\begin{aligned}f &= 1000^{\text{mm}}, \\d^2 &= \frac{0^{\text{mm}^2}, 81}{5} = 0^{\text{mm}^2}, 16, \\d &= 0^{\text{mm}}, 4, \\D &= \frac{f}{4} = 250^{\text{mm}}.\end{aligned}$$

Par conséquent, dans cet exemple, la surface sensible sera placée à 1^m de l'ouverture, l'objet à 25^{cm}, et le diamètre de l'ouverture sera de $\frac{4}{10}$ de millimètre.

b. Voici un autre exemple, qui se rapporte à un cas assez fréquent dans la reproduction de dessins.

On verra plus loin (Chap. IV) que l'emploi d'une petite ouverture permet de transformer facilement un dessin à hachures, comme une gravure, en une représentation à modelé continu et à demi-teintes. L'expérience enseigne que, pour l'écartement ordinaire des hachures des gravures, ce résultat s'obtient avec une ouverture de $\frac{4}{10}$ de millimètre en réduisant le dessin de moitié; avec les dimensions moyennes des gravures, on peut employer pour cette ré-

duction le format de plaque sensible 13×18 , qui se trouve aujourd'hui entre les mains de la plupart des amateurs.

Le point de départ est donc ici

$$K = \frac{1}{2},$$
$$d = 0^{\text{mm}},4.$$

On en déduit

$$f = \frac{\frac{3}{2}d^2}{0^{\text{mm}},00081},$$
$$f = 300^{\text{mm}},$$
$$D = 2f = 600^{\text{mm}}.$$

Ainsi on placera la surface sensible à 30^{cm} de l'ouverture, et la gravure à 60^{cm} de celle-ci.

On remarquera que, dans ces deux exemples, où l'objet à photographier est très près de l'ouverture, le diamètre d'ouverture le plus convenable diffère sensiblement de celui qui correspondrait au cas où l'objet est éloigné. J'ai exécuté de nombreuses amplifications et réductions dans ces conditions, et j'ai constaté un accord parfait entre l'expérience et la théorie; la loi générale a toujours été exactement vérifiée.

5° On peut encore déduire de la relation générale

$$f = \frac{D d^2}{0^{\text{mm}},00081 D - d^2}$$

la valeur minima de D pour laquelle l'objet est encore assez éloigné pour qu'on puisse placer la surface sensible au foyer principal sans erreur appréciable.

Soit D' cette distance minima de l'objet à l'ouverture, pour un diamètre d , et soit δ l'écart entre la position correspondante du maximum de netteté et le foyer principal. On a

$$f = F + \delta.$$

Remplaçons f par cette valeur et D par D' dans la formule générale ; celle-ci devient

$$F + \delta = \frac{D' d^2}{0^{\text{mm}},00081 D' - d^2}.$$

On en tire

$$D' = \frac{(F + \delta) d^2}{0^{\text{mm}},00081 (F + \delta) - d^2}.$$

Cette relation permet de calculer la distance limite D' , étant donné la tolérance δ à laquelle on consent. On en fait l'application dans le Tableau ci-après.

d	F	LIMITES de F.		δ	D'
		mm	mm		
0,2	50	30 à	80	30	130
0,3	110	80 à	150	40	450
0,4	200	150 à	250	50	1000
0,5	300	250 à	370	70	2000
0,6	440	370 à	520	80	3300
0,7	610	520 à	700	90	4920
0,8	800	700 à	900	100	6200
0,9	1000	900 à	1110	110	11240
1,0	1230	1110 à	1360	130	15110

6° Si l'on s'en tient, pour les diamètres d'ouverture, aux dixièmes de millimètre, ce qui est suffisant dans la pratique, surtout au-dessus du chiffre de $\frac{4}{10}$, on peut résumer dans le Tableau ci-dessus les indications concernant pour chaque diamètre d'ouverture : les distances focales principales d ; les limites entre lesquelles celles-ci varient pour une variation d'un demi-dixième de millimètre au-dessous et au-dessus de chaque valeur de d qui correspond à un nombre rond de dixièmes de millimètre ; les écarts δ qui résultent de ces variations, et qui, pour chaque valeur de la colonne des d , représentent la différence entre F et sa limite supérieure ; et les

distances minima D' de l'objet à l'ouverture. Toutes ces quantités sont exprimées en millimètres.

Dans tous les cas, la loi générale du maximum de netteté permettra de déterminer l'un des éléments D , d et f lorsqu'on connaîtra les deux autres.



CHAPITRE III.

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES. — OUVERTURE.
CHAMBRE. — CHAMP ET MISE EN PLAQUE. — TEMPS
DE POSE.

Maintenant que nous connaissons la loi du maximum de netteté, qui donne le diamètre le plus convenable à employer dans chaque cas, il reste à fournir quelques renseignements pour la mise en pratique du procédé.

Ouverture.

L'ouverture doit être circulaire et présenter le moins possible de bavures. On obtient de bons résultats en se servant de lames minces de cuivre ou de zinc; je perce le trou au moyen d'une mèche à tranchant incliné, de façon à obtenir un cône très ouvert. Il faut avoir soin de s'arrêter d'abord à une ouverture un peu plus petite que l'ouverture définitive; on l'amène ensuite au

diamètre voulu en y enfonçant une aiguille jusqu'à un trait marqué d'avance sur la section de la tige ayant le diamètre fixé.

Chambre.

La chambre peut être constituée simplement par une caisse en bois, ouverte d'un côté pour l'introduction du châssis contenant la plaque sensible, et munie, du côté opposé, de la lame métallique perforée. On pratique dans la paroi une fenêtre de quelques centimètres de hauteur et de largeur, de façon que les rayons lumineux puissent entrer sous forme d'un cône ayant un angle de 90° , et l'on fixe, par un procédé quelconque, sur la paroi la lame munie de l'ouverture, en ayant soin de placer celle-ci au milieu de la paroi et de coller du papier noir sur les joints pour empêcher la lumière de pénétrer par ceux-ci à l'intérieur de la boîte; il est bon de coller encore du papier noir sur les faces intérieures de la feuille de métal et de la boîte, afin de supprimer toute surface réfléchissante qui pourrait diffuser une certaine lumière sur la plaque sensible.

Si la chambre est pourvue d'un soufflet, qui permet de placer la plaque à différentes distances

de l'ouverture, il faut se réserver la possibilité de changer le diamètre de l'ouverture en conséquence; à cet effet, dans la feuille métallique seront pratiquées différentes ouvertures calculées pour les différents tirages dont on compte se servir. On peut, par exemple, employer le dispositif suivant : Les ouvertures sont placées sur une droite parallèle à l'un des côtés du rectangle de la lame; les deux bords parallèles à cette direction sont engagés dans deux rainures, qui permettent de faire glisser cette feuille de façon que l'ouverture convenable soit amenée au centre de la paroi de la chambre; pour ne laisser pénétrer la lumière que par l'ouverture centrale et seulement au moment voulu, on forme un obturateur au moyen d'une autre feuille métallique glissant sur la lame des trous dans deux rainures perpendiculaires aux deux précédentes, et percée d'une fenêtre notablement plus large que l'ouverture, soit de 1^{cm} environ de diamètre; lorsque les parties pleines de l'obturateur se trouvent placées sur les ouvertures de la chambre, la lumière n'entre pas; pour la pose, on amène la fenêtre en face de l'ouverture (1).

(1) MM. Dehors et Deslandres, 8, rue des Haudriettes,

Champ et mise en plaqué.

L'angle dans lequel les images se produisent avec une intensité et une netteté sensiblement uniformes est de 90° environ. Il s'agit ici de surfaces sensibles *planes*; car, en employant des surfaces sensibles disposées cylindriquement comme il en sera question (Chap. IV) au sujet des vues panoramiques, on peut aller plus loin. La différence provient de ce fait que, avec une surface plane, la section des faisceaux lumineux par ce plan s'allonge de plus en plus lorsque leur incidence devient plus oblique, c'est-à-dire au fur et à mesure que les bords s'éloignent davantage du centre de la plaque, tandis que, avec un cylindre, sur l'axe duquel se trouve le centre de l'ouverture, l'incidence des faisceaux lumineux perpendiculairement à cet axe est normale à la surface sensible. Si l'on se sert de surfaces planes, telles que les plaques de verre qui sont aujourd'hui d'un usage courant, il est bon de ne pas dépasser un angle de 90° ; c'est donc cette valeur qu'il convient d'adopter comme maximum.

ont entrepris la fabrication d'un système rotatif muni des ouvertures convenables, pouvant servir pour vues simples ou stéréoscopiques; et s'adaptant à toutes les chambres.

Connaissant ainsi le tirage à employer pour chaque diamètre d'ouverture, et réciproquement, ainsi que le champ de cette ouverture, on peut se passer de l'emploi du verre dépoli.

Voici un moyen qui permet alors de diriger la chambre et de voir si un objet déterminé fait bien son image sur la plaque sensible. Si la chambre est une simple boîte, sans soufflet, on trace sur le dessus un angle dont le sommet est placé au milieu de l'arête supérieure de la paroi verticale antérieure, au-dessus de l'ouverture, et dont les côtés passent par deux points pris sur l'arête supérieure de la paroi verticale postérieure au-dessus des bords de la plaque sensible; on dispose alors l'appareil de façon que l'objet soit compris entre les prolongements des deux côtés de cet angle, et l'on est ainsi sûr que son image est tout entière sur la plaque dans le sens horizontal. On exécute une opération analogue sur une des faces latérales pour mettre l'image en plaque dans le sens vertical.

Si la chambre est munie d'un soufflet, on ne trace pas les côtés de l'angle; celui-ci n'en existe pas moins dans l'espace, déterminé comme ci-dessus.

Toutefois, si la chambre est déjà munie d'un

verre dépoli, on utilisera celui-ci en substituant momentanément à l'ouverture qui doit donner le maximum de netteté une autre ouverture plus grande, de 1^{mm} à 2^{mm} de diamètre, qui produit une image assez éclairée et encore assez nette pour qu'on puisse reconnaître les objets et amener leurs images sur l'emplacement de la surface sensible par une manœuvre de la chambre.

Mais il faut bien remarquer qu'il s'agit là d'une opération de *mise en plaque*, et nullement de mise au point; celle-ci doit se faire uniquement d'après la loi du maximum de netteté. En effet, la position du verre dépoli qui correspond à la plus grande netteté de l'image perçue sur ce verre par l'œil pour un certain diamètre d'ouverture est, pratiquement, très difficile à déterminer, parce que, si les radiations jaunes produisent le plus d'effet sur l'œil, les autres radiations du spectre visible ne sont pas sans agir aussi; chaque point de l'objet donne lieu, pour ces différentes radiations, à des petits cercles concentriques de rayons sensiblement différents, et c'est la superposition de ces petits cercles qui détermine sur l'œil l'effet résultant. Le maximum de netteté de l'image rétinienne est donc très difficile à percevoir. Et,

d'ailleurs, quand même cette perception serait facile et permettrait de déterminer le maximum de netteté correspondant aux radiations jaunes qui produisent le plus d'effet sur l'œil, il y aurait encore un calcul à faire pour passer de cette position de l'écran à celle qui convient pour l'image photographique. La raison en est que la netteté de l'image produite par des rayons d'une longueur d'onde λ dépend de cette longueur d'onde, qui définit une couleur déterminée. Il suffit, pour se rendre compte de cette fonction, de se reporter à la relation

$$d^2 = 8n\lambda F$$

que nous avons obtenue dans le Chapitre II, relation qui donne la distance focale principale F en fonction de λ ; la distance focale F est en raison inverse de la longueur d'onde λ . Pour les rayons jaunes qui produisent le plus d'effet sur l'œil, on sait que $\lambda = 0^{\text{mm}},000\ 550$. D'autre part, celle des radiations solaires qui agit le plus énergiquement sur le gélatinobromure d'argent a pour longueur d'onde $\lambda = 0^{\text{mm}},000\ 430$, les autres pouvant être considérées comme ne produisant qu'un effet relativement négligeable.

Les distances focales correspondantes sont par

conséquent dans le rapport $\frac{430}{550} = \frac{4}{5}$ environ ; c'est-à-dire que la position du verre dépoli à laquelle correspondrait l'image la plus nette pour l'œil en considérant comme prépondérant l'effet des rayons jaunes, s'obtiendrait en réduisant (1) la distance du maximum de netteté relatif à l'image photographique du cinquième de sa valeur, dans les mêmes conditions de diamètre de l'ouverture.

Il ne faut donc pas chercher à employer le verre dépoli pour la mise au point ; on ne s'en servira que pour la mise en plaque.

Temps de pose.

Le temps pendant lequel la surface sensible doit rester exposée à l'impression de l'image, à

(1) Il est intéressant de remarquer, en passant, que le sens de la variation de la distance focale (définie d'après le maximum de netteté de l'image) en fonction de la longueur d'onde de la radiation est inverse pour les objectifs et pour la petite ouverture ; la distance focale d'un même objectif augmente lorsque la longueur d'onde augmente, c'est-à-dire en allant du violet au rouge ; pour une même petite ouverture, au contraire, ainsi que nous venons de le voir, la distance focale augmente lorsque la longueur d'onde diminue, c'est-à-dire en allant du rouge au violet.

L'intérieur de la chambre, dépend de la sensibilité de la substance employée et de l'intensité de la radiation utile reçue. Comme cette intensité est extrêmement variable suivant les circonstances d'éclairément, de coloration, de distance, etc., dans lesquelles l'objet à photographier se trouve placé, et qu'il existe aujourd'hui une très grande variété de surfaces sensibles, on comprend qu'il soit impossible de donner une loi générale permettant de calculer le temps de pose dans tous les cas, quel que soit d'ailleurs le procédé employé pour la formation de l'image.

Tout ce qu'on peut indiquer ici à ce sujet, en ce qui concerne spécialement l'emploi d'une petite ouverture, consiste en quelques chiffres relatifs à certains cas bien déterminés.

Dans les conditions suivantes : distance focale de 30^{cm} qui est la plus fréquemment employée, ouverture de 0^{mm},5 de diamètre, belle lumière mais sans soleil direct, avec des plaques Lumière (marque bleue), le temps de pose convenable est de : 4 à 5 secondes pour des lointains, 10 à 15 secondes pour des objets à surface blanche moins éloignés, 1 à 2 minutes pour des premiers plans.

Si ces premiers plans sont médiocrement éclairés, la durée de pose doit être poussée à 3 ou 4 minutes.

Pour des objets encore plus rapprochés, et placés à moins de quelques mètres, le temps de pose augmente encore. Ainsi, pour reproduire un dessin, sans changement d'échelle, avec une ouverture de $0^{\text{mm}},4$, à laquelle correspond une distance de 40^{cm} , il faut 15 minutes environ dans un atelier bien éclairé.

Tous ces chiffres devront être diminués si les objets sont directement éclairés par le soleil.

Pour d'autres surfaces sensibles, la connaissance de leur degré de sensibilité indiquera la variation à faire subir au temps de pose.

Cette détermination est beaucoup plus facile à établir ici qu'avec les objectifs, en raison de la bien plus faible intensité de l'image produite par la petite ouverture, qui laisse une bien plus grande marge de temps de pose, et qui ne demande pas une aussi grande rigueur.



CHAPITRE IV.

APPLICATIONS.

Nous avons résumé dans le Chapitre I les trois propriétés remarquables que présente ce procédé; il nous reste à indiquer les services que ces propriétés sont appelées à rendre dans différentes applications photographiques.

Vues de paysages, de monuments, etc.

Tout d'abord la mise au point simultanée de tous les objets compris dans le champ de l'ouverture est une qualité précieuse pour toutes sortes de vues, mais particulièrement utile lorsqu'on veut photographier des objets dont certaines parties sont très rapprochées de l'appareil; dans ce cas, lorsqu'on se sert d'un objectif, une petite différence dans la distance des objets introduit une grande différence dans la distance

des images, et, si l'objet à représenter a quelque profondeur, les parties seules sur lesquelles le point est fait donnent des images nettes ; avec la chambre à petite ouverture, cet inconvénient ne se présente pas. Elle est donc particulièrement propre à la photographie d'objets offrant une grande profondeur, tels que monuments ou paysages avec de longues perspectives dont les premiers plans sont à quelques mètres de l'appareil, ou encore statues et groupes de sculpture, dont la reproduction fait le désespoir des artistes en raison de l'étroitesse de mise au point des objectifs. On obtient ainsi, en même temps qu'une exactitude rigoureuse, une grande douceur et une grande harmonie de tons, qui impriment aux épreuves obtenues par ce procédé un cachet artistique.

Les longues lignes droites de l'architecture sont rendues avec une rectitude parfaite.

Il faut ajouter que le vaste champ de l'ouverture permet d'employer cette chambre dans les cas où les conditions locales, ne laissant à l'opérateur qu'un faible recul, obligent à placer l'appareil près du monument, ou, en général, de l'objet à photographier.

Pour les vues de monuments et de paysages,

on emploiera avantageusement un système de plusieurs ouvertures, organisé ainsi qu'il a été indiqué plus haut (*voir* Chapitre III), et permettant de faire varier la distance focale, c'est-à-dire les dimensions et le nombre des images. On pourra alors, sans changer la place de l'appareil, obtenir sur une plaque sensible d'un format donné : soit une vue d'ensemble en prenant une faible distance focale qui donne de petites images d'un grand nombre d'objets, soit des vues de détail avec une grande distance focale qui produit de grandes images d'un petit nombre d'objets.

Vues panoramiques.

Ce procédé permet de représenter, par un moyen très exact et très simple, une portion ou l'ensemble de l'horizon qu'on aperçoit d'un point élevé.

Remarquons tout d'abord que des clichés plans sont impropres à donner une représentation exacte d'une vue panoramique.

Si, en effet, on vient à développer sur un plan, les unes à la suite des autres, les six ou sept épreuves positives obtenues de clichés plans

en faisant le tour d'horizon, et si l'on promène l'œil le long de cette bande pour en examiner successivement les différentes parties, en le maintenant à la distance à laquelle on voit distinctement les images placées en face, l'œil ne se trouve, dans ce déplacement, que de temps en temps au point de vue de la perspective exacte de chaque épreuve, lorsqu'il passe sur la perpendiculaire élevée au milieu de chacune; et encore faut-il, pour cela, que la distance du centre de l'objectif ou de l'ouverture à la plaque ait été, pendant la pose, égale à la distance de la vision distincte. Entre ces perpendiculaires, l'œil ne voit plus que des images déformées qui ne sauraient représenter le panorama.

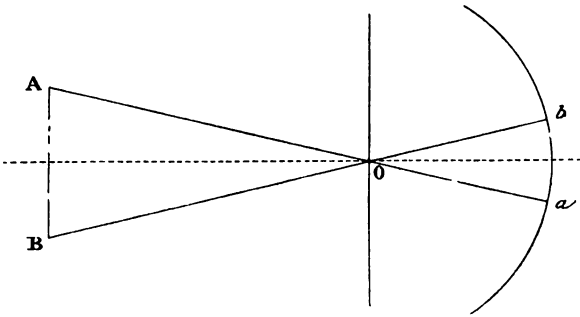
Pour remédier à cet inconvénient, on peut, il est vrai, augmenter le nombre des clichés, de telle sorte que, dans chacun, les rayons extrêmes de la perspective rencontrent le cliché sous un angle ne s'écartant pas trop de 90° ; autrement dit, chaque cliché est réduit à sa portion centrale; mais l'opération de la pose est alors allongée, et les raccords étant très nombreux introduisent des causes d'erreurs dans l'ensemble du panorama.

La petite ouverture résout le problème en

permettant l'emploi d'un écran cylindrique. On reçoit alors l'image sur une surface sensible enroulée en forme de portion de cylindre vertical dont l'axe est dans le plan et passe par le centre de l'ouverture. On a ainsi une perspective cylindrique qui jouit des propriétés suivantes :

Soient O le centre de l'ouverture (*fig. 5*), A

Fig. 5.

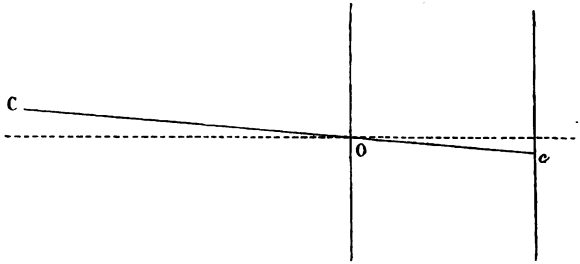


et B deux points extérieurs faisant leurs images en a et b sur la surface du cylindre vertical représenté en plan par la section horizontale passant par le point O . Cette section est une portion de circonférence ayant son centre en O . Tous les plans verticaux passant par ce point, tels que Aa , Bb rencontrent à angle droit la surface du cylindre ; il en résulte que la lumière

et les images ne sont pas dilatées sur les bords de l'écran comme cela a lieu avec un écran plan sur lequel les rayons extrêmes tombent obliquement. A un angle aOb correspond sur la circonférence un arc déterminé qui reste identique à lui-même lorsque l'angle tourne autour de son sommet O sans changer de valeur ; autrement dit, les angles horizontaux sont conservés en perspective cylindrique, et cela est vrai ici d'une façon mathématique.

Considérons maintenant (*fig. 6*) une coupe

Fig. 6.



de la chambre et du cylindre par un plan vertical passant par le centre de l'ouverture ; la section du cylindre est une droite génératrice. Tout point extérieur C placé dans ce plan vient faire son image c sur cette génératrice ; si l'on prend dans

le sens vertical un champ inférieur à 90° , les images c ne seront pas sensiblement dilatées.

Supposons que l'épreuve positive du cliché cylindrique soit obtenue et enroulée, à son tour, en portion de cylindre comme le cliché pendant la pose, et qu'on place l'œil au point où se trouvait le centre de l'ouverture; on restituera alors exactement le terrain dans l'étendue du champ.

Afin de faciliter cet examen, il est bon de donner au cylindre un rayon égal à la distance de la vision distincte; celle-ci est variable suivant les individus, mais on peut prendre une moyenne de 25^{cm} à 30^{cm} .

Si l'on déroule l'épreuve sur un plan, l'œil, en se déplaçant le long de cette bande à la distance de la vision distincte, aperçoit encore, dans chaque plan vertical, les objets tels qu'ils sont. La section du cylindre par le plan horizontal du point O est une circonférence et se développe suivant une ligne droite; les sections par les plans verticaux passant par O sont des lignes droites, les génératrices, et se développent suivant des lignes droites perpendiculaires à celle qui provient du développement de la circonférence; toute autre section du cylindre par un plan passant par le point O est une ellipse et

se développe suivant une ligne courbe. Donc, l'image d'une droite du terrain se développe suivant une ligne courbe si cette droite n'est située ni dans le plan horizontal du point O ni dans un plan vertical passant par ce même point. Il faut ajouter que la courbure de ce développement est peu sensible si le plan de la section rencontre les génératrices du cylindre sous un angle différant peu de 90° , ce qui a lieu lorsque le panorama est limité à une faible hauteur au-dessus et au-dessous de la ligne d'horizon. Ces considérations n'ont d'importance que si l'on examine à la fois une grande longueur du développement; mais on se contente le plus souvent de regarder la partie qui se trouve en face de l'œil, à la distance de la vision distincte, et cette partie est assez restreinte pour que les courbures y soient peu sensibles et négligeables.

Lorsque la bande est enroulée cylindriquement, et qu'on place l'œil au point de vue, ces courbes redeviennent en perspective des lignes droites.

On peut réaliser très simplement l'enroulement de la surface sensible en portion de cylindre. Cette surface est constituée par une couche de gélatinobromure déposée sur un support

souple (cartons pelliculaires Thiébaud, plaques souples Balagny, etc.) Le cylindre se construit très simplement au moyen de deux planchettes sciées en forme de demi-circonférences auxquelles on donne par exemple un rayon de 25^{cm} à 30^{cm}; elles forment les bases et sont réunies entre elles au moyen de deux montants verticaux occupant la position des génératrices extrêmes; la surface sensible est fixée au moyen d'épingles sur les tranches des deux bases; on a soin de la tendre de façon qu'elle prenne la forme de la surface cylindrique indiquée par les bases. Le tout est ensuite disposé dans la chambre noire de sorte que l'axe du cylindre soit dans le plan et passe par le centre de l'ouverture.

Nous avons vu que le champ dépasse 90°; comme cette valeur de 90° donne de bonnes images, même sur les bords, et est commode pour la division du panorama, nous l'adopterons comme élément de panorama. On fait donc le quart d'horizon sur un quart de cylindre, et l'ensemble des quatre bandes ainsi obtenues dans quatre positions successives de la chambre, chacune faisant un angle de 90° avec la précédente, forme un panorama complet. Les quatre clichés négatifs donnent lieu à quatre épreuves

positives ; en fixant celles-ci sur un cylindre complet, ayant le même rayon que le cylindre des clichés, et en les raccordant par la superposition des images appartenant aux mêmes objets, on a le panorama complet ; si l'on place l'œil sur l'axe de ce cylindre, à la hauteur à laquelle se trouvait l'ouverture de la chambre par rapport aux images, et si l'on pivote sur soi-même, ou si l'on fait tourner le cylindre, on aperçoit successivement toutes les parties de l'horizon complet. Ou bien encore on développe cette longue bande sur un plan, et l'on en examine successivement les différentes parties en déplaçant l'œil d'un bout à l'autre.

Il est nécessaire, pour un bon raccordement entre les quatre quarts d'un panorama, que chaque position de la chambre noire fasse un angle de 90° avec la position précédente. Un moyen simple d'y arriver est le suivant, en supposant que la caisse formant la chambre ait des parois sensiblement à angle droit. On cherche un point éloigné placé dans le prolongement du plan d'une des parois latérales de la chambre lorsqu'elle est dans la position de la première pose ; quand celle-ci est terminée, on fait tourner l'appareil jusqu'à ce que le plan de la paroi

antérieure ou postérieure passe par le point en question; et ainsi de suite.

Il est bon de donner à la bande sensible une longueur telle qu'elle recueille les images dans un angle un peu supérieur à 90° , afin d'avoir, sur les bords des épreuves consécutives, des images communes permettant le raccordement.

Il est nécessaire aussi de conserver l'horizontalité du dessus de la chambre, dans les quatre poses, au moyen d'un niveau à bulle d'air. On s'assure d'ailleurs que le cylindre fixé dans la chambre noire est perpendiculaire au dessus de la chambre.

On peut obtenir les quatre quarts d'un panorama, et même plusieurs panoramas, à la suite l'un de l'autre, sur la même bande sensible, en disposant dans la chambre un rouleau de cette bande, dont on déroule la longueur nécessaire pour chaque pose en même temps qu'on enroule, à l'autre extrémité, la longueur qui vient de poser; il suffit, pour cela, de deux tambours mobiles autour d'axes verticaux, dont l'un, celui qui enroule, est mis en rotation au moyen d'une manivelle extérieure, et dont l'autre, celui qui déroule, frotte contre un ressort qui permet d'en régler la mobilité.

Le rayon du cylindre est choisi d'après l'application qu'on a en vue et d'après les conditions dans lesquelles on opère. A poste fixe, on peut choisir un rayon de 30^{cm}, qui ne donne pas lieu à des dimensions exagérées pour la caisse. Si, au contraire, on est obligé de se déplacer, par exemple dans une excursion, on prend un rayon moindre, et l'on amplifie ensuite les clichés ou épreuves, si cela est nécessaire.

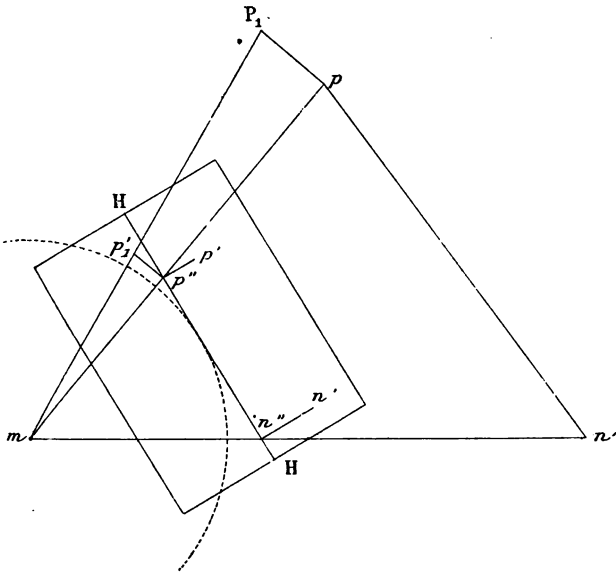
Levers topographiques.

Un cliché plan obtenu dans la chambre a petite ouverture représente une perspective exacte, mais renversée, des objets extérieurs; le point de vue de cette perspective se trouve au centre même de l'ouverture. On peut donc, au moyen de clichés pris en deux stations M et N, restituer sur une planchette, par recoupements, tous les points du terrain vus à la fois de ces deux stations, à la condition d'avoir rapporté au préalable sur la planchette les positions *m* et *n* de ces deux points à l'échelle fixée.

Supposons, en effet, que du point M on prenne par ce procédé une vue dans laquelle soit compris le point N, en employant une glace au

gélatinobromure placée verticalement, et que l'on ait tracé sur le cliché son intersection HH' avec le plan horizontal déterminé par le centre O de l'ouverture. En abaissant (*fig. 7*) du point n' , image et perspective du point N , une perpen-

Fig. 7.



diculaire sur la ligne HH' , on obtient le point n'' , projection horizontale du point n' , sur le plan horizontal O . D'autre part, dans ce plan hori-

zontal, la distance du centre O à la ligne HH' représente la distance du point de vue au tableau. Donc, si l'on décrit sur la planchette, de m , projection horizontale du point M et du point O sur la planchette, comme centre, une circonférence ayant pour rayon la distance de O à HH', et si l'on place le cliché (la gélatine contre le papier, de façon à donner aux images leur sens positif et redressé par rapport au point m) de telle sorte que la ligne HH' soit tangente à la circonférence et que le point n'' se projette exactement sur la ligne mn , l'image photographique représentera en position le rabattement horizontal, autour de HH', de la perspective du terrain compris sur le cliché.

Si l'on abaisse de chaque point, p' par exemple, de l'image, une perpendiculaire $p'p''$ sur HH', la droite mp'' représente la projection horizontale de la droite OP; donc la projection horizontale du point P quelconque du terrain sur la planchette doit se trouver sur la droite mp'' . En opérant de la même manière en N, on obtient sur la planchette une autre droite np qui coupe mp'' en p , projection cherchée du point P.

D'autre part, une construction graphique très simple donne la distance du point P du terrain

au plan horizontal du point O; il suffit de rabattre le triangle OpP autour de sa trace horizontale mp , au moyen du triangle $Op'p''$ que l'on connaît; pour cela, on mène la perpendiculaire à mp en p'' et l'on y porte une longueur $p''p'_1$ égale à $p'p''$; le point p'_1 ainsi obtenu est le rabattement du point p' , et la droite mp'_1 le rabattement de la droite OP. En élevant en p une perpendiculaire à mp jusqu'à sa rencontre avec mp'_1 , on obtient en P_1 le rabattement de P, et la longueur pP_1 représente, à l'échelle du dessin, la distance du point P au plan horizontal de O; si l'on connaît la cote du point M, d'où celle du point O, on en déduit celle du point P.

Donc, en partant d'une base MN, on peut déterminer, par ce procédé, en n'employant que quelques constructions géométriques très simples, la planimétrie et le nivellement des points que l'on aperçoit des stations M et N dans un angle pouvant atteindre près de 90° de part et d'autre de la droite MN. Au moyen d'un canevas convenablement choisi, et en opérant de proche en proche, cette méthode permet de lever très rapidement une grande étendue de terrain; elle est surtout utile pour déterminer

la topographie de régions que l'on peut apercevoir de loin et où il est difficile sinon impossible d'accéder.

La précision d'un semblable lever dépend de la nature de la matière sensible et de son support, ainsi que de la façon dont sont déterminés les points tels que *p*.

Or, la couche de gélatine impressionnable est complètement adhérente au support et ne subit de déformations par son passage dans les bains que si le support lui-même en est affecté; le verre présente une invariabilité absolue, et c'est pour cette raison que nous avons seulement parlé de clichés sur verre dans cette application. Toutefois, comme le verre apporte une certaine gêne dans les constructions géométriques indiquées plus haut, et que, d'autre part, il est nécessaire que l'image photographique soit assez transparente pour permettre de l'orienter sur la planchette, on peut se servir d'une épreuve positive sur papier mince au chlorure d'argent ou au ferrocyanure, etc., sans la faire passer dans des bains qui déformeraient certainement le papier et qui altéreraient les dimensions des images. Dans cet usage à sec, l'image disparaîtra, il est vrai, au bout de quelque temps, par l'effet de

la lumière, mais on aura vite fait de l'employer; d'ailleurs, il sera facile d'en obtenir du même cliché autant qu'on le voudra. Cette épreuve remplacera le cliché et permettra de piquer rapidement sur la planchette la position des points tels que p'' et p'_1 .

Pour que le recoupement p soit fait dans de bonnes conditions, il importe que le point p'' soit éloigné le plus possible du point m ; car plus il sera loin, et moins l'erreur commise sur sa position aura d'influence sur la direction de la droite mp , et, par suite, sur la position du point p ; d'autre part, l'intersection p ne sera bien déterminée que si les droites mp et np ont des directions faisant entre elles un certain angle.

Pour tracer sur le cliché la droite HH' , on disposera à poste fixe dans la chambre, en avant de l'emplacement de la glace sensible, un cadre métallique portant un fil fin horizontal, dont l'ombre sera projetée sur le cliché pendant la pose; ce fil doit être exactement dans le plan horizontal du centre O de l'ouverture lorsque l'appareil est en station; il faut, d'autre part, que la glace soit verticale. On réalise ces conditions en construisant les châssis de telle sorte

que la glace soit perpendiculaire au dessus de la paroi supérieure de la chambre, en plaçant ce dessus horizontal, en déterminant (au moyen d'un cathétomètre, par exemple) le plan horizontal du centre de l'ouverture pratiquée au milieu de la paroi antérieure de la chambre, et en fixant le fil dans ce plan.

Les châssis qui contiennent les glaces doivent être construits avec soin, de façon que la surface sensible se trouve exactement à la distance voulue du centre de l'ouverture. Cette distance sera fixée d'après le champ et les dimensions d'image qu'on désire obtenir.

Vues stéréoscopiques.

Ce procédé photographique offre un moyen très simple d'obtenir des vues stéréoscopiques à perspective absolument exacte restituant le vrai relief des objets. De telles vues présentent un grand intérêt, car elles donnent la possibilité de revoir ces objets dans l'espace comme si on les regardait réellement avec les deux yeux.

On sait qu'une vue stéréoscopique d'un objet consiste en deux dessins, représentant chacun l'aspect sous lequel l'objet est vu séparément

par chacun des deux yeux, de telle sorte que, en plaçant simultanément chaque œil en face de chacune de ces deux images, on ait la sensation du relief de l'objet, comme si l'on voyait celui-ci directement à sa position dans l'espace.

Cette restitution a lieu lorsque les pinceaux lumineux, émanant des deux points qui représentent les images de chaque point de l'objet et aboutissant aux deux yeux, sont situés dans un même plan et font entre eux un angle égal à celui des pinceaux lumineux émanant du point lui-même de l'objet et aboutissant aux deux yeux.

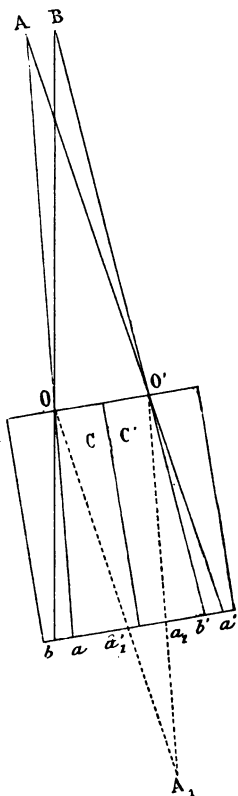
Pour obtenir ce résultat avec la chambre à petite ouverture, il suffit de remplacer l'ouverture unique par deux autres, identiques, placées sur une ligne horizontale, et séparées par une distance égale à l'écartement des axes des deux yeux, soit 6^{cm} à 7^{cm} , et de disposer un carton noirci dans la chambre de façon à la partager verticalement en deux compartiments, afin d'empêcher les rayons lumineux qui pénètrent par chaque ouverture d'aller former des images sur la moitié de plaque sensible placée en face de l'autre ouverture; l'angle des pinceaux qui, émanant de chaque point de l'objet à représenter, passent

par les deux ouvertures, est alors le même que si ces pinceaux aboutissaient aux deux yeux; si la plaque sensible se trouve à une distance des ouvertures égale à la distance de la vision distincte, on devra, en regardant à la fois les deux épreuves positives, convenablement placées l'une par rapport à l'autre, éprouver la sensation du relief de l'objet comme si on le voyait directement.

Soient, par exemple, deux points A et B de l'objet; A donne les images a et a' (*fig. 8*) dans les deux chambres C et C', et B les images b et b' ; si l'on substitue les deux yeux aux deux ouvertures O et O', et qu'on regarde le cliché obtenu, placé comme il l'était pendant la pose, on aperçoit deux images renversées, avec a et a' à gauche, b et b' à droite; en retournant le cliché autour d'un axe horizontal situé dans son plan, de façon que le côté du verre soit tourné vers les yeux, les deux images sont redressées et apparaissent aux yeux O et O' dans le même sens que les épreuves positives auxquelles ce cliché donnerait lieu. Or, dans ce mouvement, chacun des points aa' , bb' est resté dans un même plan vertical; c'est-à-dire que les lignes droites Oa et Oa' par exemple, émanant du

point A, vont en divergeant, et qu'il n'est pas

Fig. 8.



possible, dans cette situation, de restituer dans

l'espace la position du point A; il en est de même pour Ob et Ob' , et, en général, pour tous les points de l'objet. On fait disparaître cette difficulté en substituant l'une à l'autre les deux épreuves positives; a vient alors en a_1 tel que $aa_1 = OO'$; de même $a'a'_1 = OO'$; il en résulte que la ligne $O'a_1$ est parallèle à Oa , la ligne Oa'_1 parallèle à $O'a'$, et que les rayons visuels dirigés des deux yeux vers a_1 et a'_1 sont dans un même plan et font entre eux un angle égal à l'angle OAO' ; de même pour les autres points.

Il faut remarquer que la distance $a_1a'_1$ est d'autant plus petite que le point A est plus rapproché de la chambre; elle ne devient égale à l'écartement OO' que lorsque le point A est assez éloigné pour qu'on puisse considérer les directions OA et $O'A$ comme parallèles; en tout cas, la distance des centres des deux moitiés du cliché est égale à OO' .

Pour avoir la sensation du relief au moyen des deux épreuves positives ainsi obtenues, il suffit de les coller sur un carton en plaçant à droite celle qui provient de la moitié gauche du cliché (en regardant celui-ci redressé et du côté du verre), et inversement, les centres des deux images étant à la même hauteur et à une di-

stance égale à l'écartement des yeux ; on regarde en même temps ces deux images, chacune avec l'œil situé en face à la distance à laquelle se trouvaient les deux ouvertures par rapport à la surface sensible pendant la pose. La séparation des deux regards est obtenue au moyen de deux tubes en carton, ou, plus simplement encore, au moyen d'un écran en papier ou en carton placé entre les deux images et entre les deux yeux ; et même, avec un peu d'habitude, cet écran devient inutile, car les yeux s'accoutument à ce genre d'exercice et arrivent promptement à combiner les deux images en une seule, donnant la sensation du relief.

Le moyen le plus simple et le plus sûr de placer convenablement pour chaque écartement des yeux les épreuves stéréoscopiques, consiste à coller deux de ces épreuves sur carton, séparément, et à chercher une fois pour toutes la distance qu'il faut leur donner pour que les yeux ne voient qu'une image avec la sensation du relief ; on mesure à ce moment l'écartement de deux points représentant l'image d'un même point éloigné sur les deux épreuves, et l'on connaît alors la valeur dont on doit les écarter désormais.

Si les épreuves ne contiennent pas l'image d'un point éloigné, on mesure la distance de leurs centres déterminés sur les deux moitiés du cliché.

L'écartement entre les deux ouvertures étant de 6^{cm},5 environ, chaque épreuve a cette largeur, ce qui correspond à la moitié d'une plaque 13 × 18 disposée de façon que le plus petit côté soit horizontal; on a ainsi un grand champ dans le sens vertical.

Si l'on veut avoir un plus grand nombre d'objets sur une vue de cette espèce, on peut rapprocher la plaque sensible des deux ouvertures; on examine alors les deux épreuves, soit directement si le point de vue est encore à une distance de vision distincte, soit, dans le cas contraire, au moyen de loupes formant oculaires et ayant un foyer tel que l'image virtuelle du plan des épreuves soit ramenée à cette distance.

On a quelquefois intérêt à exagérer le relief produit par les deux yeux, surtout quand il s'agit d'objets éloignés; dans ce cas, on donne aux deux trous un écart supérieur à celui des deux yeux. Si l'on veut alors profiter du champ plus grand ainsi offert à chaque moitié du cliché, on examine les épreuves positives en plaçant

devant les yeux deux prismes qui réduisent l'angle sous lequel les deux yeux voient les deux images d'un même point de l'espace ; on peut ainsi ramener l'angle des pinceaux lumineux qui parviennent aux deux yeux à la valeur qu'il doit avoir pour que la sensation du relief se produise.

Reproduction de dessins.

Le manque absolu de déformation dans la production des images au moyen d'une petite ouverture la rend utile aussi à la reproduction des dessins, avec ou sans changement d'échelle.

Mais ici une considération d'un autre ordre intervient : celle de la netteté absolue et de la visibilité de l'image.

Lorsqu'on examine, sur un cliché négatif obtenu au moyen d'une petite ouverture, l'image blanche d'un trait noir d'un dessin, on voit que, à cheval sur l'emplacement où devrait être le bord du trait, se trouve une teinte grise allant du blanc au noir depuis le blanc du trait du cliché jusqu'au noir du fond. Ce qui correspond au trait noir du dessin est ainsi formé d'une âme blanche, moins large que le trait réel du dessin ramené à l'échelle du cliché ; cette âme

est bordée de chaque côté d'une teinte estompée qui donne la sensation du flou.

Si le dessin se compose de traits noirs séparés à petite distance par des espaces blancs, il existe de même sur le cliché pour l'image de chaque espace blanc une âme noire, séparée de l'âme blanche du trait par la teinte grise dégradée en question.

Pour que, sur le cliché, l'image blanche d'un trait noir du dessin, ou l'image noire d'un intervalle blanc, soit nettement visible, il est nécessaire que cette image, blanche ou noire, ait une âme bien caractérisée et bien apparente.

Or, il résulte de l'examen de nombreux clichés obtenus par la reproduction de gravures que la visibilité nette a lieu lorsque la largeur théorique des traits noirs ou blancs du dessin, ramenés à l'échelle du cliché, est supérieure à $\frac{1}{10}$ ou $\frac{2}{10}$ de millimètre. Au-dessous de cette limite, les images s'estompent de plus en plus, celle d'un trait isolé finit par disparaître, et celles de plusieurs traits rapprochés se noient en une teinte grisâtre, d'autant plus foncée sur l'épreuve positive que les traits sont plus rapprochés.

La notion à laquelle on arrive ainsi au sujet

du degré de netteté absolue s'applique aussi bien aux images d'objets quelconques ; mais c'est pour les dessins au trait qu'elle est le mieux caractérisée puisque, dans ce cas, l'objet ne présente que du noir et du blanc.

De ces considérations résulte un moyen très simple de transformer un dessin au trait, par exemple une gravure, présentant des hachures noires sur fond blanc, en une reproduction à modelé continu et à demi-teintes. Il suffit, en effet, pour obtenir ce résultat, que l'échelle de la reproduction soit choisie de façon à réduire sur le cliché à moins de $\frac{2}{10}$ de millimètre la largeur théorique des traits et espaces blancs les plus larges. Si cette condition est remplie, on ne distinguera plus sur le cliché négatif, ni sur les épreuves positives qui en seront tirées, les hachures du dessin ; ces hachures sont remplacées par une teinte continue, plus ou moins foncée sur les épreuves positives suivant que les hachures du dessin sont plus ou moins serrées.

Comme renseignement pratique, nous ajouterons que, pour l'écartement ordinaire des hachures des gravures sur bois, on obtient le résultat en question en réduisant le dessin de moitié avec une ouverture de $\frac{4}{10}$ de millimètre.

Le moyen de calculer les distances de la surface sensible et du dessin à l'ouverture a été indiqué dans le Chapitre II comme exemple d'une application de la loi générale.

Ce mode de transformation est susceptible de rendre d'importants services aux dessinateurs et aux artistes; il est applicable non seulement aux tirages sur les différents papiers photographiques, mais encore aux reproductions industrielles aux encres grasses par les procédés collographiques.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
PRÉFACE.....	V

CHAPITRE I.

Formation des images dans la chambre noire à simple ouverture. Comparaison avec les images produites par les lentilles convergentes.....	1
Conclusion.....	10

CHAPITRE II.

Détermination de la loi du maximum de netteté.	11
Détermination expérimentale du maximum de netteté.....	13
Considérations théoriques.....	17
Loi générale du maximum de netteté.....	22
Conséquences.....	23

CHAPITRE III.

Renseignements pratiques.

Ouverture.....	33
Chambre.....	34
Champ et mise en plaque.....	36
Temps de pose.....	40

CHAPITRE IV.

Applications.

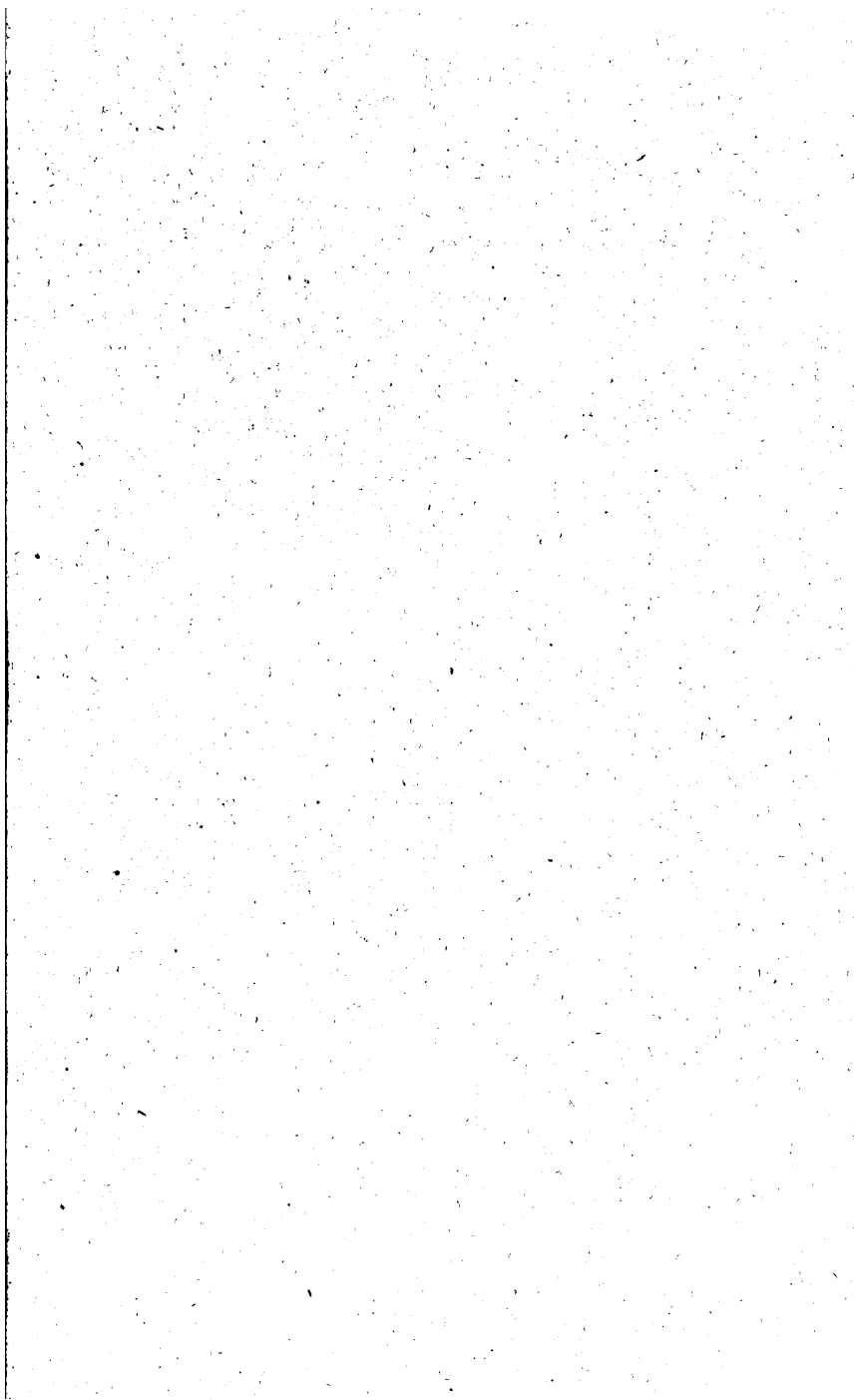
	Pages.
Vues de paysages, de monuments, etc.....	43
Vues panoramiques.....	45
Levers topographiques.....	54
Vues stéréoscopiques.....	60
Reproduction de dessins.....	67

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

175

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY







LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
Quai des Grands-Augustins, 55. — Paris.

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

Agle. — *Manuel pratique de Photographie instantanée.* 2^e tirage.
 In-18 jésus, avec nombreuses figures dans le texte; 1891. 2 fr. 75 c.

Balagny (George), Membre de la Société française de Photographie, Docteur en droit. — *Traité de Photographie par les procédés pelliculaires.* Deux volumes grand in-8, avec figures; 1889-1890.

On vend séparément :

TOME I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone. 4 fr.

TOME II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contre-Types. Transparents. 4 fr.

Balagny (G.). — *Hydroquinone et potasse.* Nouvelle méthode de développement à l'hydroquinone. In-18 jésus; 1891. 1 fr.

Bertillon (Alphonse), Chef du Service d'identification de la Préfecture de police. — *La Photographie judiciaire.* Avec un Appendice sur la classification et l'identification anthropométriques. In-18 jésus, avec 8 planches en photocollographie; 1890. 3 fr.

Colson, Capitaine du génie. — *Traité élémentaire d'Électricité avec les principales applications.* 2^e édition, revue et corrigée. In-18 jésus, avec 91 fig. dans le texte; 1888. 3 fr. 75 c.

Colson (R.). — *Procédés de reproduction des dessins par la lumière.* In-18 jésus; 1888. 1 fr.

Eder (le D^r J.-M.), Directeur de l'École royale et impériale de Photographie de Vienne, Professeur à l'École industrielle de Vienne, etc. — *La Photographie à la lumière du magnésium.* Ouvrage inédit, traduit de l'allemand par HENRY GAUTHIER-VILLARS. In-18 jésus, avec figures; 1890. 1 fr. 75 c.

Ferret (l'abbé). — *La Photogravure facile et à bon marché.* In-18 jésus; 1889. 1 fr. 25 c.

La Baume Pluvinel (A. de) — *Le développement de l'image latente (Photographie au gélatinobromure d'argent).* In-18 jésus; 1889. 2 fr. 50 c.

Londe (A.). — *Traité pratique du développement.* Étude raisonnée des divers révélateurs et de leur mode d'emploi. In-18 jésus, avec fig. et 5 doubles planches photocollographiques; 1889. 2 fr. 75 c.

Roux (V.). — *Traité pratique de Zincographie.* Photogravure, Autogravure, Reports, etc. 2^e édition, entièrement refondue par M. l'abbé J. FERRET. In-18 jésus; 1891. 1 fr. 25 c.

Paris. — Imp. Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Grands-Augustins.

FA 6650.82

