

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Revue des sciences photographiques
Auteur(s)	Niewenglowski, Gaston-Henri (1871-19..)
Titre	Revue des sciences photographiques. Photochimie, photophysique, applications scientifiques de la photographie
Adresse	Paris : Charles Mendel, 1904-1906
Nombre de volumes	3
Cote	CNAM-BIB P 987
Sujet(s)	Photographie -- Périodiques
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/039019888">https://www.sudoc.fr/039019888</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P987">https://cnum.cnam.fr/redir?P987</a>
LISTE DES VOLUMES	
	Première année (Avril 1904 - Mars 1905)
	[Deuxième année (Avril 1905 - Mars 1906)]
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	[Troisième année (Avril 1906 - Décembre 1906)]

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Niewenglowski, Gaston-Henri (1871-19..)
Titre	Revue des sciences photographiques. Photochimie, photophysique, applications scientifiques de la photographie
Volume	[Troisième année (Avril 1906 - Décembre 1906)]
Adresse	[Paris] : [Charles Mendel],[1906]
Nombre de vues	232
Cote	CNAM-BIB P 987 (3)
Sujet(s)	Photographie -- Périodiques
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	28/06/2022
Date de génération du PDF	07/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/039019888">https://www.sudoc.fr/039019888</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P987.3">https://cnum.cnam.fr/redir?P987.3</a>



SUR

# LE DÉVELOPPEMENT AU DIAMIDOPHÉNOL

## en liqueur acide et en liqueur alcaline

EN PRÉSENCE D'ALCALIS OU DE LEURS SUCCÉDANÉS

Par MM. A. et L. Lumière et A. Seyewetz

(Communication faite à la séance du 5 janvier 1906 de la  
 « Société française de Photographie »).



Le sulfite de soude joue, comme on le sait, un double rôle dans le révélateur au diamidophénol : il agit comme alcali faible et retarde en même temps l'absorption de l'oxygène par la solution.

Nous avons montré (1) qu'aucune substance ayant une alcalinité égale ou supérieure à celle du sulfite de soude ne peut lui être substituée avec avantage. Reeb a confirmé ces résultats (2).

Loebel (3) a prétendu que si l'on ajoute, à la solution de diamidophénol et de sulfite, de la soude caustique en quantité suffisante pour former du diamidophénate de sodium (soit 3<sup>mol</sup> de soude pour 1<sup>mol</sup> de chlorhydrate de diamidophénol), on obtient un révélateur possédant une énergie réductrice notablement plus grande que celle du révélateur normal.

Valenta (4) a contesté ces résultats. Il a reconnu qu'il faut n'ajouter qu'une seule molécule de soude au lieu de trois pour obtenir un révélateur pratiquement utilisable.

Afin d'éclaircir la question, nous avons recherché comment varie le pouvoir réducteur, l'altérabilité à l'air et l'acidité du révélateur au diamidophénol dans les cas suivants :

- A. Révélateur renfermant d'une part la quantité de sulfite nécessaire pour saturer l'acide chlorhydrique du chlorhydrate de diamidophénol et d'autre part du sulfite de soude ou des alcalis caustiques ou carbonatés destinés à neutraliser exactement l'acide sulfureux libéré.
- B. Révélateur renfermant une proportion de sulfite de soude augmentant progressivement jusqu'à la saturation.
- C. Révélateur renfermant des quantités d'alcalis caustiques, carbonatés ou de leurs succédanés remplaçant un poids déterminé de sulfite.
- D. Révélateur renfermant la quantité de sulfite produisant l'énergie réductrice maxima, ad-

(1) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1893.

(2) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1904.

(3) *Revue des sciences photographiques*, octobre 1904.

(4) *Revue des sciences photographiques*, II, novembre 1905, p. 251.

ditionnée de quantités convenables des divers alcalis caustiques, carbonatés ou de leurs succédanés.

Nous avons, en outre, étudié la relation qui peut exister entre l'acidité de ces révélateurs, leur pouvoir réducteur et leur altérabilité à l'air.

## A

On sait que le chlorhydrate de diamidophénol en solution aqueuse ne possède pas la propriété révélatrice, mais celle-ci se manifeste dès que la solution est additionnée d'une très petite quantité de sulfite même insuffisante pour donner du bisulfite avec l'acide sulfureux formé dans l'action du sulfite sur le chlorhydrate de diamidophénol. Nous avons développé comparativement des clichés exposés pendant le même temps, dans des solutions à la même température renfermant :

1<sup>o</sup> La quantité théorique de sulfite correspondant à la saturation exacte de l'acide chlorhydrique du chlorhydrate de diamidophénol;

2<sup>o</sup> Cette même quantité de sulfite, augmentée de celle nécessaire pour transformer exactement en bisulfite l'acide sulfureux libéré par la première addition de sulfite;

3<sup>o</sup> La même quantité de sulfite que dans 1<sup>o</sup> additionnée des quantités théoriques d'alcalis ou de leurs succédanés pour former des sulfites neutres avec l'acide sulfureux libre.

On a opéré dans toutes ces expériences et dans les suivantes sur 1 litre de solution renfermant 5 gr. de chlorhydrate de diamidophénol pur séché à 120° pour lui faire perdre toute trace d'acide chlorhydrique interposé.

Voici les résultats de ces essais :

N <sup>o</sup> s des essais	QUANTITÉ de sulfite de soude anhydre pour un litre de révélateur.	QUANTITÉ des divers alcalis pour un litre de révélateur ( <sup>3</sup> )	RAPIDITÉ RELATIVE du développement.	RÉACTION
				à la solution à la phénol-phthaléine.
1	3 <sup>g</sup> ,2 ( <sup>1</sup> )	Néant.	Après 4 heures, image très faible	Acide.
2	6,1 ( <sup>2</sup> )	Néant.	4	"
3	3,2	2,03 de soude.	5,80	"
4	3,2	2,83 potasse.	7	"
5	3,2	0,863 ammoniaque.	7	"
6	3,2	2,69 carbonate soude.	4,65	"
7	3,2	3,5 carbonate potasse.	3,5	"
8	3,2	1,22 lithine.	4,65	"
9	3,2	1,88 carbonate lithine.	3,7	"
10	3,2	2,13 carbonate magnés. ( <sup>4</sup> )	2,7	"
11	3,2	1,4 magnésie.	3,9	"
12	30 (Solution normale, témoin).	Néant.	10	"

(<sup>1</sup>) 3<sup>g</sup>,2 de sulfite de soude est la quantité juste nécessaire pour saturer 2HCl dans 5<sup>g</sup> de chlorhydrate de diamidophénol.

(<sup>2</sup>) 6<sup>g</sup>,4 correspond à la saturation des 2HCl et en outre à la transformation exacte de l'acide sulfureux libéré en bisulfite.

(<sup>3</sup>) Ces diverses quantités d'alcalis sont ajoutées au moyen de liqueurs titrées. Elles correspondent à la quantité nécessaire pour saturer exactement l'acide sulfureux contenu dans 3<sup>g</sup>,5 de sulfite de soude anhydre.

(<sup>4</sup>) La magnésie est le seul des alcalino-terreux qui ne soit pas précipité par le sulfite de soude.

Toutes ces solutions, sauf 1 et 2, ne s'altèrent pas notablement plus pendant le développement, que la solution normale. Elles donnent facilement du voile quand on pousse trop le développement. Ces résultats montrent que la base diamidophénol développe non seulement en présence du bisulfite de soude seul (expérience 2), mais aussi, quoique faiblement, en présence d'acide sulfureux seul (expérience 1).

## B

Nous avons, dans la série d'expériences relatées dans le tableau suivant, comparé les pouvoirs réducteurs de la solution de 5gr. de diamidophénol dans 1 litre d'eau, additionnée de quantités croissantes de sulfite de soude pour des solutions révélatrices à la même température :

N° des essais.	QUANTITÉ de sulfite de soude anhydre pour un litre de révélateur.	RAPIDITÉ relative du développement	RÉACTION à la phénol-phthaléine.	OBSERVATIONS	
11	6,4	1,14	Acide.	Voile dichroïque intense. Cliché dur.	
12	7	1	"	"	"
13	8	1,4	"	"	"
14	9	1,6	"	"	"
15	10	2	"	"	"
16	12	2,55	"	"	"
17	15	3,1	"	"	"
18	17	4	"	" léger. Bon cliché.	
19	20	4,63	"	"	
20	25	6,2	"	Pas de voile dichroïque.	"
21	30	7,4	"	"	"
22	35	7,4	"	"	"
23	40	7,4	"	"	"
24	50	7,4	"	"	Image grise.
25	60	7,4	"	"	"
26	90	7,4	"	"	"
27	120	6,4	"	"	"
28	150	5	"	"	"
29	200	3,2	"	"	"
30	250 saturé.	2,3	"	"	"

Les expériences précédentes montrent qu'à partir de 30 gr. on n'a aucun avantage à augmenter la quantité de sulfite au point de vue de l'intensité réductrice. Au delà de 50 gr. l'aspect général de l'image est gris et lorsqu'on atteint 120 gr. le pouvoir réducteur est notablement diminué. Toutes ces solutions ont une réaction acide à la phénolphthaléine.

## C

Nous avons montré plus haut la possibilité de remplacer par des alcalis carbonatés ou caustiques la petite quantité de sulfite qui forme du bisulfite avec l'acide sulfureux libéré dans la décomposition du chlorhydrate de diamidophénol.

Dans les expériences suivantes, nous avons remplacé les 2/3 du sulfite entrant dans la composition du révélateur normal (28 gr.) par des proportions d'alcalis caus-

tiques carbonatés ou de leurs succédanés produisant le même effet réducteur que le sulfite qu'ils remplacent. Pour arriver à ce résultat on a fait varier les quantités d'alcalis ou de leurs succédanés jusqu'à ce que des clichés impressionnés pendant le même temps et développés simultanément à la même température, donnent des images d'égale intensité après la même durée de développement. Voici les quantités respectives d'alcalis caustiques, carbonatés ou de leurs succédanés qui, introduites dans le révélateur normal, produisent le même effet que 20 gr. de sulfite anhydre.

20 gr. de sulfite peuvent être remplacés par :

	gr.
Potasse caustique . . . . .	2,25 (1)
Soude caustique . . . . .	1,75
Lithine caustique . . . . .	1,25
Ammoniaque . . . . .	0,70 (2)
Carbonate de soude . . . . .	2
Carbonate de potasse . . . . .	3,3
Carbonate de lithine . . . . .	2,2
Phosphate tribasique de soude . . . . .	10,5
Trioxyméthylène . . . . .	0,75
Acétone . . . . .	20 cm <sup>3</sup>

Les révélateurs ainsi constitués ont tous une réaction acide à la phénolphthaléine comme le révélateur normal au sulfite et ils ne paraissent pas s'altérer plus que lui (3).

## D

On ne peut, comme nous l'avons montré, accroître l'intensité réductrice du révélateur au diamidophénol par simple addition de sulfite au delà d'une teneur de 30 gr. de sulfite par litre (4), même en augmentant cette teneur jusqu'à la saturation. En outre, le révélateur conserve toujours une réaction notablement acide. Nous avons cherché à augmenter l'intensité réductrice en ajoutant au révélateur normal (renfermant 30 gr. de sulfite) des proportions croissantes d'alcalis caustiques, carbonatés ou de leurs succédanés pour avoir un développeur à réaction faiblement alcaline pratiquement utilisable et aussi énergique que possible comparable à celui qu'a cherché à préparer Lœbel dans le travail cité au début de cette note.

Nous avons, dans ce but, additionné le révélateur normal au diamidophénol de

(1) Les diverses quantités d'alcalis indiquées ont été ajoutées au moyen de liqueurs titrées.

(2) L'ammoniaque commerciale que nous avons employée était à 17 gr. 6 d'Az H<sup>2</sup> pour 100 cm<sup>3</sup> d'ammoniaque du commerce, ce qui fait pour 0 gr. 70 environ 4 cm<sup>3</sup> d'ammoniaque du commerce.

(3) Avec l'aldéhyde ordinaire on ne peut pas obtenir une intensité aussi grande qu'avec le sulfite, l'intensité maxima que l'on obtient avec 1 cm<sup>3</sup>, 8 d'aldéhyde diminue lorsqu'on augmente cette quantité.

(4) Ce nombre est voisin du nombre indiqué par Reeb dans son étude sur les révélateurs chimiques (18 gr. de sulfite cristallisé pour 2 gr. de chlorhydrate de diamidophénol, soit 22 gr. 5 de sulfite anhydre pour 5 gr.) (*Bulletin de la Société française de Photographie*, 1904, p. 269).

quantités croissantes des divers alcalis et de leurs succédanés, jusqu'à obtention d'un pouvoir réducteur maximum n'entraînant pas la formation d'un trop fort voile ou d'une solution trop facilement oxydable.

Voici les quantités qui nous ont paru donner ce dernier résultat :

	gr.
Potasse . . . . .	2,8
Soude . . . . .	2
Lithine . . . . .	1,3
Ammoniaque . . . . .	0,7
Carbonate de potasse. . . . .	8
Carbonate de soude. . . . .	6
Carbonate de lithine . . . . .	6
Phosphate tribasique de soude . . . . .	20
Acétone . . . . .	$20 \text{ cm}^3$
Aldéhyde . . . . .	$3 \text{ cm}^3$
Trioxyméthylène . . . . .	1 gr.

Toutes ces solutions, sauf celles additionnées d'ammoniaque, sont légèrement alcalines à la phénolphthaléine. Au point de vue pratique, c'est l'ammoniaque, l'acétone et le carbonate de lithine qui nous ont donné les meilleurs résultats.

Les nombres précédents ne nous semblent pas correspondre, comme l'a indiqué Lœbel, avec la soude, à la formation du diamidophénate alcalin. S'ils paraissent se rapprocher beaucoup, dans le cas des alcalis caustiques, des nombres correspondant à la saturation des  $2\text{H Cl}$  du chlorhydrate de diamidophénol, ils en sont notablement différents en ce qui concerne les alcalis carbonatés. Nous ferons, du reste, observer que ce n'est pas l'acide chlorhydrique qui sature l'alcali, mais bien l'acide sulfureux du bisulfite formé, l'acide chlorhydrique étant déjà saturé par le sodium du sulfite.

#### RELATION EXISTANT ENTRE L'ACIDITÉ DES RÉVÉLATEURS AU DIAMIDOPHÉNOL ET LEUR POUVOIR REDUCTEUR

Nous avons examiné s'il existe une relation entre la réaction plus ou moins acide des révélateurs au diamidophénol et leur pouvoir réducteur, car on admet généralement que ce dernier diminue à mesure que l'acidité augmente.

Dans ce but, nous avons dosé l'acidité de divers révélateurs choisis dans les essais précédents au moyen d'une liqueur de soude normale en présence de phénolphthaléine. (Voir le résultat de ces essais à la page 6).

Si l'on compare entre eux, d'une part les pouvoirs réducteurs de ces divers révélateurs, d'autre part leurs acidités, on voit que des révélateurs présentant de faibles variations au point de vue de l'acidité (essais n°s 32, 33, 34) possèdent pourtant des différences considérables dans leurs pouvoirs réducteurs. Par contre des révélateurs d'acidité très variable (expériences n°s 36, 37, 38) ont le même pouvoir réducteur.

L'augmentation de la quantité de sulfite jusqu'à la saturation donne un révéla-

teur notamment plus alcalin que le révélateur normal, et qui pourtant possède un pouvoir réducteur trois fois plus faible.

N° des essais	COMPOSITION des révélateurs	POUVOIR RÉDUCTEUR comparatif des révélateurs		ACIDITÉ LIBRE exprimée en grammes $\text{SO}_4^{\text{H}+}$ par litre de révélateur avant la neutralisation
		avant neutralisation par la soude.	après neutralisation par la soude.	
31	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 0 Diamidophénol . . . 5	"	"	2,5
32	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 30 Diamidophénol . . . 5	40	2,66	2,09
33	Eau . . . . . 2000 Sulfite anhydre . . . 3,2 Diamidophénol . . . 5	Très faible	2	2,3
34	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 6,4 Diamidophénol . . . 5	4	4,9	2,2
35	Eau . . . . . 4000 Sulfite . . . . . 250 Diamidophénol . . . 5	3,4	4,38	1,4
36	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 10 Diamidophénol . . . 5 Potasse . . . . . 1,2	40	4,33	1,1
37	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 10 Diamidophénol . . . 5 Soude . . . . . 1,2	40	4,33	0,9
38	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 10 Diamidophénol . . . 5 Ammoniaque . . . . . 0,53	40	4,33	2,03
39	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 10 Diamidophénol . . . 5	2,7	4,5	2,3
40	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 30 Diamidophénol . . . 5 Soude . . . . . 2	41	2	Faiblement alcalin
41	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 3,2 Diamidophénol . . . 5 Soude . . . . . 2	5,8	4	"
42	Eau . . . . . 4000 Sulfite anhydre . . . 32 Diamidophénol . . . 5 Potasse . . . . . 2,85	7	4,33	"

Enfin, si l'on ramène tous ces développateurs à neutralité exacte à la phénolphthaléine, ils possèdent des pouvoirs réducteurs dont les coefficients varient entre 1 et 3.

*L'acidité plus ou moins grande du révélateur n'est donc pas la cause des différences que l'on constate dans son énergie réductrice comme on l'avait constaté jusqu'ici.*

En ajoutant des quantités variables de soude caustique dans le révélateur au diamidophénol et en titrant l'acidité comme précédemment, nous avons reconnu que l'on obtient le pouvoir réducteur maximum lorsque le révélateur a été amené exactement à neutralité à la phénolphthaléine. On est arrivé à ce résultat par l'addition de 2 gr. 03 de soude titrée. Au-dessus de cette teneur, le révélateur donne du voile, brunit rapidement pendant le développement et ne peut plus être utilisé pratiquement. Il est curieux de constater que cette quantité correspond précisément, comme l'a signalé Valenta, à la proportion de soude nécessaire pour saturer l'acide chlorhydrique de 5 gr. de chlorhydrate de diamidophénol.

Dans le cas de l'ammoniaque, on ne peut pas ajouter la quantité nécessaire pour obtenir la neutralité à la phénolphthaléine sans production d'un voile dichroïque intense. La liqueur doit avoir une réaction acide et ne pas renfermer plus de 0 gr. 7 d'ammoniaque, soit à peu près cm<sup>3</sup> d'ammoniaque du commerce (à 17 ou 18 pour 100 d'AzH<sup>3</sup>). Si l'acidité du révélateur ne semble pas être en relation directe avec l'intensité réductrice, il n'en est pas de même de l'altérabilité à l'air, qui toutes conditions égales d'ailleurs, est d'autant moins grande que le révélateur a une réaction acide plus marquée.

En résumé, on peut tirer des expériences qui précèdent les déductions suivantes :

1<sup>o</sup> Le chlorhydrate de diamidophénol en solution aqueuse acquiert des propriétés révélatrices notables, dès qu'il est additionné d'une quantité de sulfite de soude suffisante pour saturer l'acide chlorhydrique qu'il renferme et cela malgré la présence d'acide sulfureux libre.

2<sup>o</sup> Le pouvoir réducteur du révélateur s'accroît beaucoup si l'on transforme exactement en bisulfite de soude cet acide sulfureux libre.

3<sup>o</sup> L'augmentation du pouvoir réducteur est encore plus marquée si l'on sature l'acide sulfureux par des alcalis caustiques ou carbonatés pour former du sulfite neutre.

4<sup>o</sup> L'addition de quantités croissantes de sulfite jusqu'à la saturation ne donne pas un révélateur alcalin. Au delà de 30 gr. pour 5 gr. de chlorhydrate de diamidophénol le pouvoir réducteur reste stationnaire. Ce pouvoir réducteur diminue à partir de 120 gr. de sulfite.

5<sup>o</sup> La plus grande partie du sulfite du révélateur normal peut être remplacée par des poids convenables des divers alcalis caustiques, carbonatés ou de leurs succédanés et donner des révélateurs acides de même pouvoir réducteur.

6<sup>o</sup> On peut augmenter sensiblement l'énergie réductrice du révélateur normal en l'additionnant de quantités convenables d'alcalis ou de leurs succédanés. Ce sont l'ammoniaque, l'acétone et le carbonate de lithine qui paraissent dans ce cas donner les meilleurs résultats.

7<sup>o</sup> L'acidité plus ou moins grande des révélateurs au diamidophénol ne semble pas présenter de relation avec leur pouvoir réducteur ; par contre l'altérabilité est d'autant plus grande que l'acidité est plus faible.

## SUR LA NATURE DE L'IMAGE LATENTE

(suite)

---

### Action de l'acide nitrique sur l'image latente au collodio-bromure d'argent.

Pour étudier l'action de l'acide nitrique sur l'image latente au bromure d'argent, j'ai recouvert une plaque d'une émulsion lavée au collodio-bromure d'argent ; après étendage j'ai lavé la couche le mieux possible et en employant l'eau distillée, j'ai exposé la couche humide sous le photomètre à échelons, j'ai ensuite plongé la plaque exposée dans une solution d'acide nitrique à différents degrés de concentration, j'ai lavé à nouveau, puis développé la plaque dans un révélateur chimique, pour une série de recherches, dans un révélateur physique pour une autre série ; j'ai constaté toutefois que le révélateur physique me donnait un cliché moins clair, en règle générale.

J'ai trouvé que l'acide nitrique concentré, densité 1,40, à la température de 15° C. détruisait l'image latente de la couche au collodio-bromure, en un laps de temps de 5 à 6 minutes, mais dans les parties les plus faiblement impressionnées seulement, et correspondant à 15 à 20 fois le point d'inertie de l'image normale ; au bout de 10 minutes l'image latente était détruite dans les parties plus fortement exposées et correspondant à 20-40 fois le point d'inertie ; les parties plus impressionnées résistaient plus longtemps encore à l'action de l'agent chimique, de sorte que en définitive, l'image demeurait et se développait, quoique faiblement (1).

En surexposant très fortement on obtient un noircissement direct et visible du bromure d'argent, mais cette coloration elle-même subsiste sous l'action de l'acide nitrique concentré (1,40) à 14 ou 15° C. (2), tandis que l'argent métallique est réduit en un clin d'œil, dans ces mêmes conditions. Dans le même stage de l'impression, apparaissent les phénomènes de solarisation.

L'acide nitrique densité 1,30 agit à peu près de la même façon, bien que plus lentement. L'acide nitrique 1,20 peut également servir comme moyen de disjonction du sous-bromure d'argent et de l'argent métallique, du moins Guntz emploie cet acide pour éliminer l'argent métallique de son sous-haloïde d'argent synthétique. L'image latente n'est que partiellement attaquée par cet acide, de 2 à 10 fois au-dessus du point d'inertie en 10 minutes et à la température de 14° C. (3).

(1) Dans certains collodio-bromures d'argent, l'action de l'acide nitrique est sujette à variations, de sorte que les chiffres donnés ne sont qu'approximatifs.

(2) Ceci constitue donc un argument contre les objections que l'on peut éléver contre le sous-bromure d'argent.

(3) Le collodio-bromure pur acquiert sous l'action de l'acide nitrique 1,20 une tendance à voiler fortement au développement physique, même avec une exposition très ample, ce qui ne se produit pas avec l'acide nitrique concentré. Je puis donc confirmer le fait avancé pour la

Les courbes de noircissement (fig. 1) indiquent la destruction plus ou moins prononcée de l'image dans la couche de bromure d'argent impressionnée, et aussi le degré de résistance de l'image sur collodio-bromure d'argent plus fortement impressionnée, vis-à-vis de l'acide nitrique.

L'image latente, faiblement impressionnée, est détruite en quelques minutes par l'acide nitrique ; mais l'image latente fortement impressionnée n'est pas détruite, mais seulement affaiblie. L'image latente constituée sur une couche de bromure d'argent contenant de l'acide nitrique ou du nitrate d'argent acide, résiste

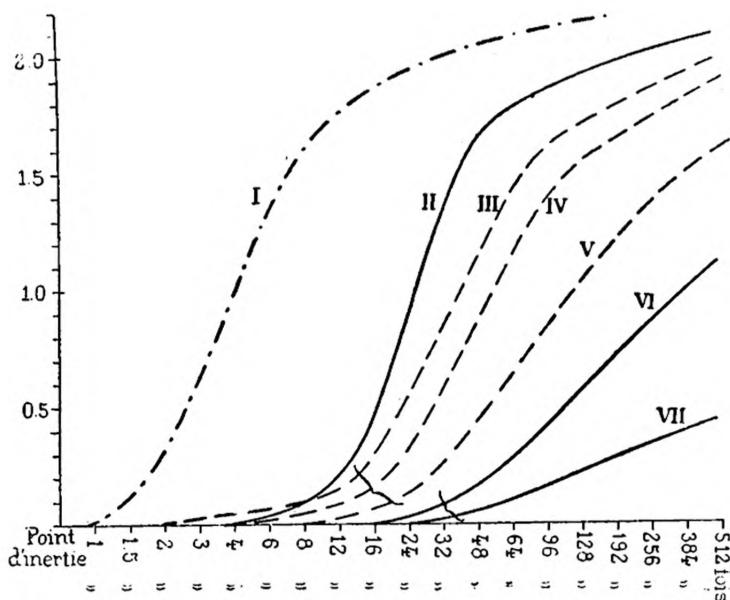


Fig. 1.

I. AgBr avec  $\text{AzO}^3\text{Ag}$  neutre, impressionné et développé physiquement. — II. AgBr pur, impressionné et développé physiquement. — III. AgBr et  $\text{AzO}^3\text{H} + \text{AzO}^3\text{Ag}$  impressionné et développé physiquement. — IV. AgBr impressionné, traité pendant 10 minutes avec  $\text{HNO}_3$  (1,20) et développé physiquement ensuite. — V. AgBr traité pendant 10 minutes par  $\text{AzO}^3\text{H}$  (1,40) après impression, puis développé physiquement. — VI. AgBr pur, impressionné, traité pendant 10 minutes par  $\text{AzO}^3\text{H}$  (1,20) et développé à l'aide d'un révélateur physique. — VII. Do, traité par  $\text{AzO}^3\text{H}$  (1,40) pendant 10 minutes et révélateur physique.

beaucoup mieux à l'action des acides que l'image latente formée sur du bromure d'argent pur, et peut-être ces images ont-elles des constitutions tout à fait différentes, bien qu'elles se comportent de la même manière dans les procédés de développement photographique. Les expériences suivantes donneront sur ce point quelques éclaircissements.

#### Impression du collodio-bromure d'argent après traitement par l'acide nitrique 1,30 contenant du nitrate d'argent.

Si l'on expose à la lumière une couche de collodio-bromure d'argent traitée par première fois par Lüppo-Cramer à propos du gélatino-bromure, et l'étendre au collodio-bromure, à savoir que l'acide nitrique produit une sorte d'impression susceptible d'être développée, et bien qu'aucune de nos théories sur la nature de l'image latente du bromure d'argent ne puisse expliquer ce fait.

l'acide nitrique 1,30 et contenant 5 % de nitrate d'argent, on obtient une image latente. L'acide nitrique agit comme retardateur, le nitrate d'argent comme accélérateur, si bien que l'on a, en définitive, une image susceptible d'être développée dans un révélateur physique dans un laps de temps à peu près le même que pour les plaques au collodio-bromure pur. Dès que l'action de la lumière a cessé, la solution de nitrate d'argent fortement acide attaque énergiquement l'image latente et il se produit une sorte de rétrogression, peu importante cependant. L'image obtenue dans ces conditions, c'est-à-dire après traitement par une solution d'acide nitrique contenant du nitrate d'argent supporte assez bien l'action de l'acide nitrique ; elle supporte dans tous les cas beaucoup plus facilement ce traitement que l'image obtenue sur une couche de collodio-bromure pur lavée à l'eau distillée avant

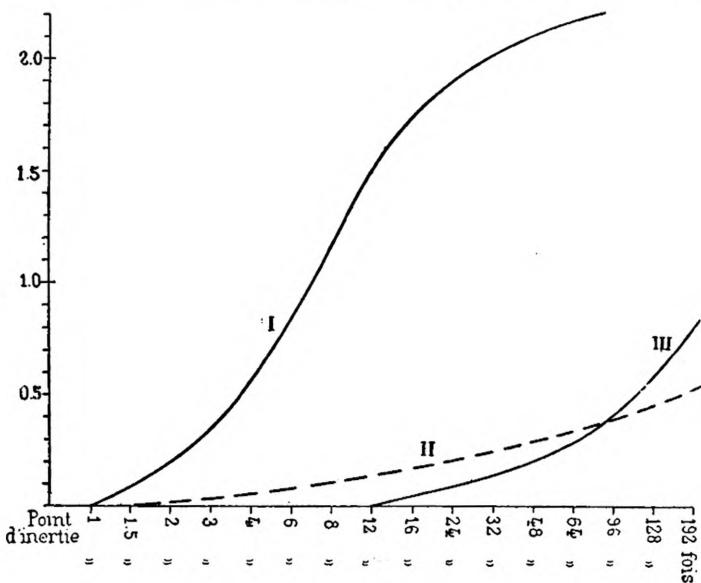


Fig. 2.

- I. Collodio-bromure développé chimiquement. II. — Image latente sur AgBr traitée par  $\text{AzO}^3\text{H}$  par (1,40) développée physiquement. — III. Image latente sur AgBr traitée par  $\text{AzO}^3\text{H}$  (1,40) développée chimiquement.

l'exposition. Du reste n'importe quelle image latente sur bromure d'argent résiste mieux à l'action de l'acide nitrique 1,20 ; 1,40 que l'image latente formée sur une couche de collodio-bromure d'argent pur. Il est donc parfaitement possible que l'image latente varie dans sa constitution chimique dans ces différents cas.

Dans les expériences que j'ai citées jusqu'à présent, le restant de l'image latente, après traitement à l'acide nitrique, était développé physiquement. Il convient de dire que les révélateurs chimiques conviennent également bien et que les révélateurs alcalins hydroquinone ou glycine donnent à peu près les mêmes résultats, le restant de l'image latente se comporte donc à peu près de la même façon pour l'un que pour l'autre de ces révélateurs, toutefois le point d'inertie et la courbe de noircissement diffèrent (fig. 2).

Les collodio-bromures plus sensibles (dont la maturation a été poussée plus

loin, donnent des courbes de noircissement d'un type analogue, bien que dans le diagramme fig. 1 elles soient repoussées davantage vers la gauche.

Les modifications dans la durée du développement, les changements dans la température du bain, dans la concentration du révélateur, changent les courbes et le point d'inertie, mais les fig. 1 et 2 donnent une idée exacte de l'ensemble.

De ces expériences, il semble résulter qu'il existe dans l'image latente différentes sortes de sous-bromures, qui se comportent de la même façon vis-à-vis des révélateurs physiques et chimiques, mais qui diffèrent totalement dans la façon de supporter l'action de l'acide nitrique à différents degrés de concentration. Sans aucun doute, la substance de l'image latente, qui a reçu une impression très suffisante, est, malgré sa forme instable, beaucoup plus à l'épreuve de l'action de l'acide nitrique que l'argent métallique.

L'image latente faiblement exposée et dont l'impression dépasse à peine le point d'inertie fait exception à cette règle ; elle est facilement détruite par l'acide nitrique. Peut-être est-ce ce sous-bromure d'argent qui entre dans la composition de l'image latente sur bromure d'argent, image dont les courbes de noircissement sont si anormales dans les clichés très sous-exposés, tandis que les courbes de noircissement normales « dans la période d'exposition et de développement normal » appartiennent peut-être à la deuxième catégorie de sous-bromure, variable lui-même dans sa composition suivant les conditions dans lesquelles il a été formé : dans l'eau, dans une solution de nitrate d'argent ou une solution d'acide nitrique.

#### Action de l'acide nitrique sur l'image surexposée, solarisée.

On sait, d'après les travaux de STERRY (1), de LÜPPO-CRAMER (2), de SCHAUM (3) et les miens propres (4), que certains réactifs, et plus particulièrement les produits oxydants détruisent l'image solarisée sur bromure d'argent et ramènent l'image normale susceptible de se développer, tout au moins, quand leur action est plus faible, ces produits reculent les limites de la solarisation. Il n'avait pas été fait jusqu'ici de recherches de cette nature sur les collodio-bromures d'argent. J'ai donc exposé différentes couches de collodio-bromure sous le photomètre à échelons à la lumière du magnésium (de 1/2 à 1 gr. à une distance de 10 à 50 cm.), j'ai pu ainsi déterminer la quantité de lumière employée, connaissant déjà, par des recherches précédentes, l'activité chimique du magnésium en combustion.

Mes plaques au collodio-bromure d'argent, qui ne possédaient pas une sensibilité bien élevée se sont comportées de la façon consignée au tableau suivant (elles ont été lavées avant l'exposition et impressionnées à l'état humide) :

(1) STERRY, *Eder's Jahrbuch. für Phot.*, 1899, p. 305.

(2) *Phot. Korresp.*, 1901, p. 351.

(3) EDER'S *Jahrbuch. für Phot.*, 1903, p. 23 et 119; 1904, p. 425.

(4) EDER, *Phot. Korresp.*, 1902, p. 645.

	EXPOSITION § B. M. S. (UNITÉ DE HEFNER).	POINT D'INERTIE PRIS COMME UNITÉ
Première trace de formation de l'image latente (point d'inertie). . . . .	160	1
Demi-teintes vigoureuses du négatif normal . . . . .	2.000	45
Commencement du noircissement direct . . . . .	16.000-80.000	400-500
Commencement de la solarisation à la limite de la zone neutre . . . . .	16.000-80.000	100-500
Solarisation très accentuée . . . . . et au-dessus.	320.000-480.000	2.000-3.000

La solarisation apparaît, dans le collodio-bromure d'argent pur, développé chimiquement à peu près en même temps que le noircissement direct commence à se manifester ; avec le développement physique, la solarisation se manifeste également, mais bien après que le noircissement direct est apparu.

L'acide nitrique du poids spécifique de 1,30 à 1,40, à 15-16° C., détruit l'image solarisée sur le collodio-bromure d'argent pur en 5 minutes environ, de sorte que la couche de bromure d'argent donne ensuite, au développement, un cliché normal, plus ou moins dense. L'acide nitrique dilué (densité 1,20) produit le même effet, mais plus lentement.

Si l'on prend le point d'inertie de l'image sur collodio-bromure d'argent = 1, le début de la solarisation se manifeste, avec le développement chimique, après une exposition équivalente à 300 fois celle nécessaire pour atteindre le point d'inertie ; l'acide nitrique 1,20 détruit l'image latente normale en 5 minutes, jusqu'à 2 à 4 fois le point d'inertie ; l'image solarisée ne sera que partiellement détruite au bout de 3 à 5 minutes, mais au bout de 15 minutes la rétrogression sera tellement sensible que l'image latente se développera alors presque normalement, soit que l'on utilise un révélateur chimique, soit que l'on fasse usage au contraire d'un révélateur physique. L'acide nitrique concentré agit encore beaucoup plus rapidement et son action va beaucoup plus loin (1).

On voit, d'après la fig. 3, comment en augmentant le temps d'exposition, l'image latente sur collodio-bromure d'argent monte au développement chimique, jusqu'à une intensité donnée, puis comment la solarisation intervient pour diminuer

(1) L'acide nitrique concentré, poids spécifique 1,40, détruit l'image latente solarisée, sur collodio-bromure d'argent, exposé après lavage, et surexposée de 500 à 2000 fois et l'on obtient avec un révélateur chimique, un négatif se développant normalement. Une image normale, faiblement impressionnée, est détruite par l'acide nitrique concentré jusqu'à un point correspondant à 20-100 fois le point d'inertie, l'image latente fortement impressionnée résiste à l'action de l'acide nitrique. Avec les révélateurs physiques les choses se passent à peu près de même (pas tout à fait cependant); on peut encore développer ce qui subsiste de l'image latente après traitement à l'acide nitrique, jusqu'à 10-15 fois au-dessus du point d'inertie ; avec ce réducteur l'image solarisée accuse elle-même une rétrogression, qui n'est toutefois pas toujours complète, et il se produit des inversions partielles de l'image.

cette intensité de l'image (courbe I). Les développeurs physiques se comportent de façon analogue, bien que le phénomène soit moins sensible. Il est la courbe de noircissement direct du bromure d'argent, III, la courbe de noircissement du bromure d'argent surexposé, traité par l'acide nitrique, puis développé à l'aide d'un révélateur chimique, IV, le même, avec un traitement identique, mais soumis à l'action d'un révélateur physique.

Ces expériences apportent la preuve que le noircissement direct du bromure d'argent ne dépend en aucune façon de la substance qui constitue l'image solarisée : ces deux processus n'ont entre eux aucun rapport, bien que dans certains cas ils semblent se développer parallèlement ; dans le bromure d'argent contenant un excès de nitrate le noircissement direct commence à se manifester bien longtemps avant la moindre trace de solarisation. Dans le collodio-bromure d'argent

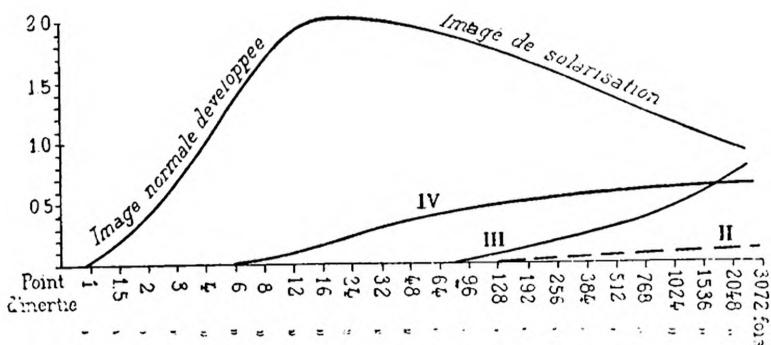


Fig. 3.

pur (après traitement à l'eau distillée), on peut détruire la solarisation par l'acide nitrique, mais le noircissement direct demeure rebelle à ce traitement (1).

L'acide nitrique agit donc de façon variable sur le bromure d'argent ayant reçu une impression lumineuse plus ou moins considérable, à savoir :

1° L'image normale, sur bromure d'argent, faiblement impressionnée est détruite par l'action de l'acide nitrique.

2° L'image normale (négative), plus fortement exposée, n'est pas détruite, mais simplement affaiblie.

3° L'image solarisée latente (positive) est faiblement attaquée par l'acide nitrique dilué, elle est fortement attaquée au contraire par l'acide nitrique concentré, de telle sorte qu'elle se comporte, dans le révélateur, non plus comme une image solarisée (positive), mais bien comme un négatif faible, dont la densité dépend de l'insolation, de l'épaisseur de la couche sensible et de la nature du développement. Il est donc vraisemblable que nous avons affaire ici à deux images superposées et de constitution différente (2).

Avec le collodio-bromure d'argent contenant du nitrate d'argent (sol. à 10 %) la solarisation se produit beaucoup plus difficilement, ce que j'ai constaté en con-

(1) Ce que LUPPO-CRAMER a trouvé également.

(2) ENGLISCH avait émis la même opinion au cours de recherches d'un autre genre.

formité avec LÜPPO-CRAMER elle commence, à apparaître avec une surexposition de 3000 à 5000 fois et elle se manifeste moins nettement que dans les émulsions au collodio-bromure d'argent pur. Il est à remarquer que l'emploi d'une solution de nitrate d'argent augmente la sensibilité générale du collodio-bromure d'argent qui est accrue de deux à quatre fois, mais que cependant la solarisation est beaucoup retardée, de telle sorte qu'elle ne se manifeste guère qu'avec une surexposition de 3000 à 5000 fois au delà du point d'inertie, bien plus tard, par conséquent, que dans les émulsions pures d' $\text{AgBr}$  et de collodion lavées à l'eau distillée avant exposition. Les traces de nitrate d'argent qui subsistent dans l' $\text{AgBr}$ , même après un lavage prolongé dans l'eau distillée, forment les noirs profonds et très opaques de la plaque, dans le révélateur chimique, de sorte que la solarisation est complètement enfouie sous cette opacité, mais un traitement de courte durée, par l'acide nitrique (1,20), modifie la plaque de telle sorte que la solarisation n'apparaît plus guère de façon bien évidente qu'avec une surexposition atteignant environ 1000 fois le point d'inertie, au minimum. Mais l'image de solarisation ne résiste pas longtemps à l'action de l'acide nitrique, de l'acide concentré surtout si bien qu'elle est détruite finalement et le cliché se développe alors en donnant un négatif bien avec les réducteurs chimiques qu'avec les réducteurs physiques.

**Isolement de l'image latente du bromure d'argent normal par le Thio-sulfate. — Propriétés de l'image latente primaire fixée.**

Si l'on produit, par une courte impression, une image latente, susceptible d'être développée, sur l'iode, le bromure ou le chlorure d'argent, et que l'on fixe cette image latente invisible à l'aide d'une solution de thiosulfate, la couche de bromure d'argent est complètement dissoute et la plaque devient absolument transparente. Il ne reste aucune trace sensible d'image, mais un révélateur physique peut néanmoins, dans ce cas, la faire réapparaître (1). Dans cette série d'opérations, nous

(1) Cette observation remonte très loin et elle a été faite pour les plaques au collodion par YOUNG (1858), DAVANNE et BAYARD (1859), etc. Pour le gélatino-bromure d'argent l'aspect de l'image latente primaire fixée a été étudiée pour la première fois par KOGELMANN, puis et surtout par STERRY qui a trouvé que le bromure d'argent seul, aussi bien que le bromure d'argent uni à l'iode d'argent et au chlorure d'argent donne une image latente, qui, fixée à l'hyposulfite, lavée et séchée, est permanente même si on l'expose à la lumière et qui peut ultérieurement être développée à l'aide d'un révélateur physique. STERRY montra que la présence de l'eau durant l'exposition prolonge, accentue la constitution de l'image primaire latente après fixage, et en outre que les signes de solarisation apparaissent également sur les plaques fortement surexposées et ayant été soumises à ce fixage, et qu'un négatif de second ordre se développe de même quand la surexposition a été poussée très loin, tandis que KOGELMANN et LÜPPO-CRAMER n'ont pas remarqué ce fait. STERRY poursuivant ces recherches sur le gélatino-bromure d'argent par les procédés photométriques et en consignant ses résultats en des tableaux avec courbes de noircissement, crut pouvoir en déduire que l'image latente normale sur le bromure d'argent est de composition inorganique, tandis que le résidu d'image latente, après fixage serait au contraire un produit qui contiendrait des substances organiques dérivées du gélatino-bromure d'argent. Il dit en outre que l'eau bromée détruit l'image latente sur le gélatino-bromure d'argent, même après le fixage primaire, bien que dans ce cas la destruction soit très lente.

avons donc fixé l'image latente (« image latente primaire fixée ») et nous la développons seulement après fixage.

Comme révélateur physique on peut employer, dans ces recherches, les substances réductrices peu énergiques contenant du nitrate d'argent en dissolution. Ce révélateur dépose l'argent métallique qu'il contient à l'état naissant, en une sorte de poussière très fine, sur toutes les parties où il existe des traces de bromure, d'iodure, de chlorure, etc., d'argent; tous les différents dépôts, particules, ou modifications mécaniques de la surface de la couche deviennent autant de « germes » si nous pouvons appeler ce terme, qui donnent naissance au dépôt d'argent, de sorte que le développement physique ne peut en rien nous dévoiler quelle peut être la constitution chimique de ce « germe ».

On peut utiliser un mélange de sulfate de fer et de nitrate d'argent, de métol,

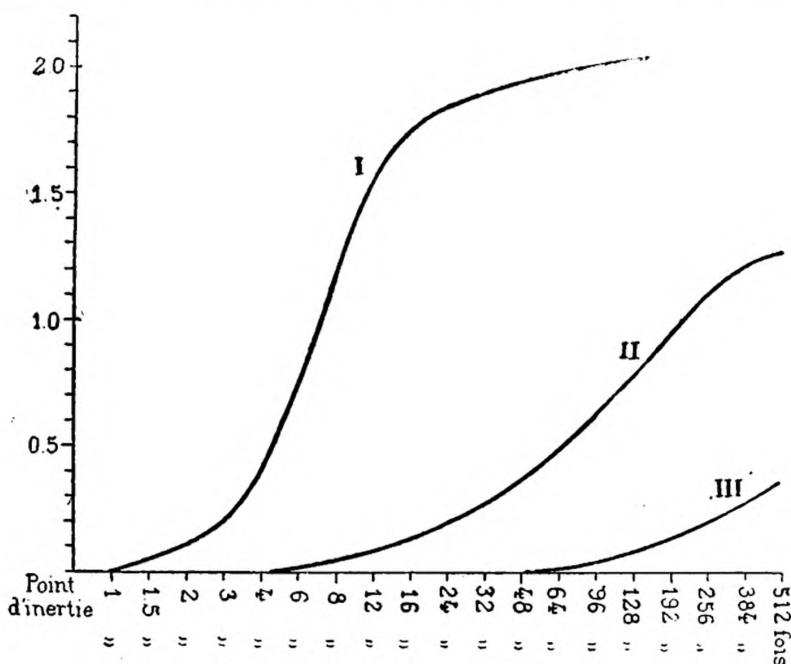


Fig. 4.

I. Image sur AgBr impressionnée et développée physiquement. — II. Image latente primaire fixée, puis développée. — III. Image latente primaire fixée, puis traitée par l'acide azotique et développée physiquement.

acide citrique et nitrate d'argent, ou d'hydroquinone, acide citrique et nitrate d'argent, la marche du développement varie toutefois suivant la nature du mélange employé.

Dans la fig. 4 nous établissons :

1° La courbe de noircissement de l'image latente normale, sur collodio-bromure d'argent lavé, soumis au développement physique.

2° L'image primaire soumise à l'action d'un bain de fixage au thiosulfate et développée ensuite à l'aide d'un révélateur physique.

3° L'image primaire fixée, lavée, traitée à l'acide nitrique, puis développée à l'aide d'un révélateur physique.

Les traces faibles de l'image latente qui restaient après fixage de la couche de

collodio-bromure d'argent, j'ai pu les faire réapparaître en traitant la plaque par une solution de sulfate de fer contenant du nitrate d'argent, la même qui est employée dans les ateliers de reproductions industrielles sur plaques au collodion humide : il faut seulement faire attention que la plus grande partie de la solution de nitrate d'argent demeure sur la plaque. Au bout de quelques minutes on voit se développer un négatif normal, ce qui prouve que le thiosulfate n'a pas détruit l'image latente, mais qu'il a laissé subsister un reste matériel de l'image que l'argent naissant peut faire apparaître.

Dans mes recherches, j'ai donc recouvert une plaque en verre d'une émulsion au collodion, j'ai lavé cette plaque émulsionnée à l'eau distillée, et l'ai exposée ensuite sous le photomètre à échelons, ou à la chambre noire. Cette plaque a été fixée ensuite dans une solution de thiosulfate (1.5 à 1.10), pendant 1/2 à 2 minutes, toutefois un fixage beaucoup plus prolongé, même pendant plusieurs heures, change peu de choses au résultat final. La plaque fixée était enfin lavée, puis développée à l'aide d'un révélateur physique, comme je l'ai dit plus haut (1).

L'image primaire fixée paraît un peu dure et affaiblie ; une partie de l'image, correspondant aux parties les plus faiblement impressionnées, jusqu'à 4 à 10 fois au delà du point d'inertie se trouve détruite par le thiosulfate. En prenant par exemple le point d'inertie, pour l'image sur collodio-bromure d'argent développée à l'aide d'un révélateur physique, à 80 B. M. S. (Unité de Hefner), il n'apparaît plus de trace d'image au développement physique, après le fixage primaire, que dans les parties de la plaque ayant reçu une impression équivalant à 340 à 800 B. M. S. Dans certains collodions, la différence est encore plus considérable. L'intensité de l'image dans les demi-teintes baisse dans une proportion assez sensible, de sorte qu'il faut, pour obtenir une image vigoureuse, présentant de bonnes oppositions dans les demi-teintes, exposer plus longtemps ou prolonger le développement, de façon à augmenter le noircissement. Il y a donc une destruction partielle de l'image latente, un abaissement de la courbe de noircissement. Le degré de destruction partielle de l'image latente dépend en premier lieu de la nature de l'émulsion, de son degré de maturation et il varie, suivant mes observations, de 1 1/2 à 10 fois la valeur du point d'inertie, suivant que le Br Ag a été préparé en présence d'acide acétique, d'un excès de bromure soluble, d'ammoniaque ou d'un excès de chlorure.

La nature chimique de ce reste d'image latente, subsistant après le fixage primaire ne saurait être étudiée, par l'analyse quantitative et l'on est dans l'obligation de se contenter de suppositions plus ou moins vraisemblables.

C'est LÜPPO-CAMER qui émit cette théorie, contestée depuis, que le résidu d'image latente, après fixage primaire, serait un dépôt d'argent métallique et il appuyaît sa théorie sur ce fait que ce résidu d'image est détruit par tous les mêmes agents qui attaquent et réduisent l'argent métallique, et sur cet autre fait que l'i-

(1) Comme révélateur voici la solution qui était employée : 4 gr. sulfate de fer, 3 cmc. acide acétique ; 3 cmc. alcool et 200 cmc. d'eau. Ce révélateur est une fois plus dilué que le révélateur au fer ordinaire, mais il travaille très régulièrement, ce qui est de toute nécessité pour le cas qui nous occupe.

image primaire fixée, puis traitée par le brome, pouvait être développée à nouveau à condition seulement que la couche fût de nouveau exposée à la lumière. D'autres expérimentateurs démontrèrent en outre que ce résidu d'image latente, de constitution inconnue et que nous pourrions appeler *x* était détruit par la chloruration aussi bien que par le ferricyanure de potassium, ce qui confirmerait cette théorie.

La façon dont se comporte l'image latente primaire fixée, vis-à-vis de l'acide nitrique a cependant prêté à maintes discussions. D'après DAVANNA et LUPO-CRAMER, ce résidu d'image latente serait détruit par l'acide nitrique, dans les émulsions au collodion, ce qui viendrait en confirmation de cette thèse, d'après E. ENGLISH l'image latente sur collodio-bromure d'argent ne serait pas encore complètement détruite après l'action de l'acide nitrique concentré prolongée pendant 10 minutes (nous parlons ici, bien entendu, de l'image primaire fixée et non développée), l'image latente est toutefois complètement éliminée si l'action de l'acide nitrique se prolonge plus longtemps.

Si ces dernières données sont exactes, le sous-bromure d'argent n'est donc plus simplement dissocié, dans le bain de fixage en bromure d'argent soluble et en argent métallique, mais il subsiste encore une certaine quantité de sous-bromure qui reste étranger à cette dissociation.

J'ai déjà fait remarquer, en combattant la théorie des sous-haloïdes, que l'image latente ne pouvait pas être constituée par un simple dépôt d'argent métallique ; la façon dont cette image se comporte en présence de l'acide nitrique le démontre amplement.

On peut dès lors admettre comme vraisemblable que l'image latente primaire fixée n'est pas seulement constituée par un dépôt d'argent métallique, comme on l'avait cru jusqu'ici.

Si l'on peut en outre apporter la preuve qu'il subsiste dans l'image latente primaire, après l'élimination du bromure d'argent, un résidu de ce bromure sous une forme quelconque, ce sera là un nouvel argument en faveur de la théorie des sous-haloïdes.

#### Façon dont se comporte l'image latente primaire fixée, en présence de l'acide nitrique (image latente sur collodio-bromure d'argent).

Il fallait tout d'abord trancher cette question : l'image latente primaire fixée, obtenue sur collodio-bromure d'argent, résiste-t-elle, oui ou non à l'action de l'acide nitrique, concentré ou dilué (poids spec. 1,20 à 1,40), et le degré de concentration de l'acide nitrique a été choisi de telle façon qu'il eût pu en quelques instants détruire le dépôt d'argent métallique très divisé, tel qu'il existe dans les négatifs photographiques ordinaires.

D'après mes recherches l'image latente, traitée successivement par le fixage au thiosulfate, lavage, bain d'acide nitrique (1,30 à 1,40), est complètement détruite si le temps d'exposition a été voisin du point d'inertie, un traitement ultérieur par un révélateur physique ne peut faire apparaître aucune nouvelle trace d'image. Mais avec un temps d'exposition beaucoup plus considérable, soit de 25 à 540 fois au delà du point d'inertie, l'image latente supporte très bien le traitement

par le bain de fixage suivi d'un bain d'acide nitrique concentré (pur et débarrassé de toute trace de chlore), pendant 5 à 6 minutes. Si l'action du bain concentré d'acide nitrique est prolongée pendant plus de 10 minutes, les parties de l'image ayant reçu une exposition 100 fois supérieure à la normale restent seules susceptibles d'être développées, et ces parties sont détruites à leur tour si le séjour dans le bain est plus prolongé.

Ainsi, avec une exposition de courte durée et un traitement prolongé par l'acide nitrique, l'image primaire fixée est détruite. En ceci DAVANNE et LUPPO-CRAMER ont donc raison. Avec une plus longue exposition, l'image supporte un traitement de 5 à 6 minutes par l'acide nitrique (en ce qui concerne ENGLISH était à son tour dans le vrai), mais l'image est toujours affaiblie par l'action de ce bain d'acide nitrique.

Les expériences que j'ai faites m'ont démontré que l'acide nitrique (même dilué poids spécifique 1,20) attaque l'image latente primaire fixée beaucoup plus fortement que l'image latente non fixée; toutefois l'image latente normale supporte elle-même beaucoup mieux l'action de l'acide nitrique que l'argent métallique divisé, l'image latente, après fixage primaire, se comporte au contraire de telle façon qu'une partie de cette image se trouve détruite aussi rapidement que l'argent métallique, tandis que l'autre résiste à l'action de l'acide nitrique comme le fait le sous-bromure lui-même.

Il est donc permis de supposer qu'une partie du sous-bromure constituant l'image latente est transformé en argent métallique et en bromure d'argent par l'action du thiosulfate.

L'image latente primaire fixée est détruite par l'action de l'acide nitrique dans toutes les parties ayant reçu une impression inférieure à 13 fois le point d'inertie. Le collodio-bromure d'argent ayant été impressionné plus fortement (40 à 60 fois) au delà du point d'inertie, par exemple, contient une « substance » d'image latente qui, après fixage pendant quelques minutes dans une solution à 1/5-1/10 de thiosulfate et lavage subséquent, peut supporter l'action de l'acide nitrique durant quelques minutes et y résiste en partie (mais pas complètement); la façon dont cette image se comporte dans le bain acide dépend, comme nous l'avons décrit, du degré de concentration et de la durée d'action de l'acide nitrique.

Un fixage primaire de l'image latente, opéré dans une solution de thiosulfate chauffée à 80° C, ne détruit pas l'image latente, mais cette opération en modifie tellement la composition, en admettant un fixage de cinq minutes dans une solution chaude à 1/5, que l'image latente est presque toujours complètement détruite par l'acide nitrique.

#### L'image latente primaire, solarisée après fixage au thiosulfate.

Si l'on expose sous un photomètre à échelons différentes portions d'une plaque au collodio-bromure, en donnant des temps d'impression variant depuis le point d'inertie, jusqu'aux extrêmes limites de la solarisation et jusqu'au noircissement direct, en surexposant de 3.000 à 10.000 fois, si l'on fixe alors cette image dans le thiosulfate et que l'on développe ensuite à l'aide d'un révélateur physique, voici ce qui se produit :

1<sup>o</sup> Dans les parties faiblement exposées (dans le voisinage du point d'inertie il se forme un négatif normal (négatif de premier ordre) : la substance de l'image latente résiste partiellement au traitement par l'acide nitrique (avant développement) ou au traitement par le bain de fixage suivi d'un bain d'acide nitrique.

2<sup>o</sup> Il se produit, dans les cas de forte surexposition, une image positive de solarisation, le fixage suivi d'un développement physique, tarde sans doute l'apparition de cette image, mais elle ne s'en manifeste pas moins de façon bien tangible ; dans ces parties le bromure d'argent a noirci et l'image est devenue directement apparente (1). L'acide nitrique dilué (employé après le fixage de l'image primaire et avant le développement) attaque lentement l'image de solarisation, mais il attaque le négatif de premier ordre, ou plutôt son image latente, beaucoup plus lentement encore.

3<sup>o</sup> Dans les cas de très forte surexposition, poussés bien au delà de la limite de solarisation, un noircissement direct du bromure d'argent, noircissement qui demeure visible après le fixage et qui donne lieu, malgré la surexposition aussi énorme soit-elle, à la formation d'une image négative (négatif de second ordre).

### Sur la nature de l'image latente.

Si le noircissement direct du bromure d'argent a été poussé très loin par suite d'une énorme surexposition, l'image solarisée se confond avec le produit noirci (qui contient vraisemblablement de l'argent métallique en dehors du sous-bromure). Si l'image primaire est fixée avec le thiosulfate, puis développée ensuite à l'aide d'un révélateur physique, les parties très surexposées se développent avec une teinte gris-bleuâtre et en négatif (négatif de second ordre) ; puis on voit se développer en positif les parties moins surexposées (image positive solarisée) ; enfin les parties qui ont reçu une impression de plus courte durée encore se développent elles-mêmes en négatif (négatif de premier ordre).

Si l'on traite cette image sur collodio-bromure très surexposée (3000 à 20.000 fois au delà du point d'inertie) par l'acide nitrique dilué (densité 1,20 et après fixage, cette substance qui constitue l'image de second ordre (argent métallique ?) se dissout et laisse subsister l'image de solarisation, partiellement détruite elle-même, mais qui apparaît néanmoins très visiblement, en positif et avec une coloration brune, lors du développement physique et dans toutes les parties où se développait précédemment un négatif de deuxième ordre de teinte gris-bleuâtre.

Ainsi donc la moins stable des trois images latentes, ou plutôt des substances constituant une image latente, le collodio-bromure d'argent très fortement surexposé peut être facilement éliminée par un fixage primaire suivi d'un traitement par l'acide nitrique dilué (densité 1,20) ; la substance de l'image visible par noir-

(1) Le dépôt d'argent qui se produit dans les parties noircies directement ( $\text{AgBr} + \text{AgAzO}_3$ ) est d'une coloration bleuâtre, plus transparent que le dépôt d'argent formé sur la couche sensible non noircie directement. Vraisemblablement il s'est produit, lors du fixage, dans les parties noircies directement, un dépôt d'argent métallique, qui en présence du sous-haloïde et de l'image solarisée, forme « germe », forme « racine » pour la précipitation du dépôt d'argent métallique qui se produit lors du développement physique.

cissement direct, fixée par le thiosulfate, et qui donne au développement physique un négatif de second ordre est éliminée par l'action de l'acide nitrique ; il reste à la place la substance constituant l'image solarisée (plus ou moins attaquée elle-même), tandis que les parties de l'image normale, négatif de premier ordre, qui ont reçu une impression assez prolongée demeurent elles-mêmes susceptibles d'être développées.

La façon dont se comporte l'image primaire fixée, latente, normale, ou solarisée, sur collodio-bromure d'argent pur, en présence du bain de thiosulfate ou d'un révélateur physique, dépend donc en très grande partie du degré d'insolation reçue par la couche sensible, ce qui semble démontrer qu'il existe dans l'image latente différentes sortes de sous-bromures, ou bien qu'il existe une solution de 1,2 bromure d'argent dans le bromure d'argent, dont les propriétés chimiques et photographiques varient continuellement.

De plus, l'action du thiosulfate a tellement modifié la constitution de l'image latente, au point de vue de la solarisation, que cette solarisation apparaît maintenant de façon bien évidente, dans toutes les parties qui étaient précédemment peu solarisées, et même dans celles où le négatif normal l'emportait sur l'image de solarisation. Le thiosulfate permet donc par le fixage primaire de l'image latente de développer normalement une image solarisée, ou bien de développer, sous forme d'image solarisée, une image latente normale.

Je ne puis toutefois établir de règle à ce sujet, car le phénomène ne se produit pas très régulièrement.

L'image latente solarisée, ayant subi un fixage primaire, supporte l'action de l'acide nitrique dilué, partiellement du moins, et demeure susceptible d'être développée. Mais en même temps l'image solarisée est détruite par l'action de l'acide nitrique, de sorte que la limite de solarisation se trouve reportée en arrière et que la limite de formation de l'image normale progresse.

**Façon dont se comporte l'image latente en présence du cyanure de potassium, du bromure d'ammonium, dans le fixage primaire suivi du développement physique.**

Le fixage primaire à l'aide d'une solution à 5 0/0 de cyanure de potassium détruit la plus grande partie de l'image latente sur collodio-bromure d'argent, de sorte qu'il ne subsiste plus qu'un très faible résidu d'image susceptible d'être développé à l'aide d'un révélateur physique ; une solution de cyanure de potassium avec une forte addition de sulfite de soude agit moins fortement, mais il ne subsiste plus après ce traitement qu'une faible trace d'image latente, destructible elle-même par l'acide nitrique et que le développement physique ne peut plus dès lors faire apparaître. Le cyanure de potassium dissocie vraisemblablement le sous-bromure d'argent en argent métallique et en bromure d'argent soluble, comme le fait le thiosulfate, de sorte que l'acide nitrique fait disparaître les dernières traces d'image latente.

L'ammoniaque employé comme bain fixateur se comporte de la même façon que

le thiosulfate ; on peut constater que l'ammoniaque dissout plus lentement le collodio-bromure d'argent impressionné que le collodio-bromure non impressionné, ce qui corrobore les observations de ENGLISH (1). La coloration du bromure d'argent ayant reçu une courte impression est tout à fait la même que celle du bromure non impressionné, l'image latente échappe par conséquent à l'observation directe. Ce qui reste de l'image latente après fixage primaire par l'ammoniaque se laisse développer facilement par un révélateur physique ; l'ammoniaque n'agit donc pas avec plus de vigueur, sur le sous-bromure d'argent, pour être plus précis sur la substance de l'image latente que ne le fait le thiosulfate, mais il subsiste une bonne partie de ce sous-bromure hypothétique qui n'est pas dissoute, et ce résidu supporte lui-même très bien l'action de l'acide nitrique concentré.

L'ammoniaque sépare du collodio-bromure d'argent très fortement surexposé (noirci directement à la lumière), une quantité si grande d'argent métallique que ceci trouble les phénomènes du développement (physique) et que les signes de solarisation apparaissent toujours après élimination de l'argent métallique par l'acide nitrique (densité 1,20).

On peut aussi employer pour le fixage une solution à saturation de bromure d'ammonium. Les plaques au collodion fixées à l'aide de ce produit sont très claires et il demeure après fixage primaire un reste d'image latente susceptible d'être développé à l'aide d'un révélateur physique, comme LÜPPO-CRAMER l'a fait le premier observer (2), mes recherches ont confirmé ses vues sur ce point, j'ai trouvé cependant que la destruction de l'image latente par le bromure d'ammonium est beaucoup plus profonde que par le fixage au thiosulfate, les parties du bromure les moins impressionnées sont particulièrement affectées par ce traitement, ce qui n'a rien de surprenant, car, comme LÜPPO-CRAMER l'a fait remarquer (3), les solutions de sels de brome affaiblissent considérablement l'image latente sur bromure d'argent et la détruisent en partie (par transformation du sous-bromure en bromure normal ; dans ces conditions ce qui reste de l'image latente n'est plus qu'une infime partie de l'image normale telle qu'elle existait avant ce traitement. Si la plaque au collodio-bromure d'argent a été très fortement surexposée, jusqu'à solarisation bien apparente, on peut voir apparaître encore des traces de solarisation, lors du développement physique suivant le fixage primaire.

Avec un peu d'attention on peut constater encore, après fixage primaire au bromure d'ammonium et développement physique, un négatif de premier ordre et une image de solarisation, ou négatif de second ordre ; ces faibles restes de l'image se comportent, vis-à-vis de l'acide nitrique à peu près comme le fait l'image latente primaire fixée au thiosulfate.

En raison de ce fait que le résidu de l'image latente sur collodio-bromure d'argent, après fixage primaire, ne dépend en aucune façon de la composition sulfureuse du produit employé pour le fixage, la théorie de Precht, théorie d'après la-

(1) *Zeitschr. für wissenschaftl. Phot.*, 1904, Bd II, p. 516. EBER's *Jahrbuch. für Phot.*, 1905, p. 363.

(2) *Phot. Korresp.*, 1901, p. 418, note 7.

(3) *Phot. Korresp.*, 1902, p. 633.

quelle la substance de l'image latente primaire fixée serait un sulfure d'argent s'effondre d'elle-même (1).

**L'analyse spectrale démontre que la substance  
de l'image latente ne dépend en aucune façon de la longueur d'onde  
de la lumière employée pour l'impression.**

Si l'on fait agir le spectre solaire (Spectrographe avec prisme en quartz) sur une couche de collodio-bromure d'argent, sensibilisée pour le rouge, le vert et le vert jaune, à l'aide d'éosine, de violet d'éthyle ou de tout autre sensibilisateur convenable, on peut développer l'image latente normale, soit à l'aide d'un développeur physique, soit à l'aide d'un révélateur chimique.

Si l'on traite l'image latente par un bain de fixage au thiosulfate et qu'on la développe ensuite, à l'aide d'un révélateur physique, l'image se développe sur toute la longueur du spectre, autant du moins que la couche a été sensibilisée pour les différentes radiations.

Les maxima de sensibilisation sur la couche de collodio-bromure d'argent, dans le vert-jaune ou le rouge, demeurent tels après le fixage primaire (quand l'exposition a été amplement suffisante) et sont susceptibles d'être développés au même titre que les parties correspondant au violet et à l'ultra-violet du spectre. Si l'on soumet l'image latente obtenue par impression par le spectre à un traitement à l'acide nitrique, l'image latente se comporte absolument comme l'image normale que nous avons étudiée au début de ce travail et indépendamment de la longueur d'onde qui a impressionné le bromure d'argent.

Il est donc très vraisemblable que les plaques au bromure d'argent traitées par les sensibilisateurs optiques tels que l'éosine, etc., donnent lieu, pour la formation de l'image latente, aux mêmes réactions photochimiques, dans les parties sensibilisées optiquement que dans les parties impressionnées, par la lumière blanche, bleue, ou violette (formation de sous-bromure d'argent). Mais il est à se demander s'il en est de même pour les phénomènes de solarisation, dans la partie rouge du spectre ; c'est un point que je n'ai pu éclaircir.

**L'image latente sur iodure d'argent.**

L'iodure d'argent (2), sous la forme de la plaque au collodion humide (telle que l'emploient les ateliers de reproductions industrielles) se comporte de la même façon que le bromure d'argent. Si l'on sensibilise une plaque au collodio-iodure d'argent dans un bain de nitrate d'argent, qu'on l'impressionne à la lumière, on voit se développer, dans un bain de sulfate de fer, une image latente, si l'impression, à la lumière du jour a été de 6 à 10 B. M. S. (point d'inertie) ; avec la lumière du bec Auer, moins riche en rayons violets, il faut environ 200 B. M. S.

(1) EDER, *Phot. Korresp.*, 1900, p. 667 ; LUPO-CRAMER, *Phot. Korresp.*, p. 358 et 418 ; SCHAUER, *Physik. Zeitschr.*, 1901, p. 536 et 532.

(2) EDER, *Rezepte und babellen*, 6 Aufl. 1903, p. 26, 4 B.

pour atteindre le point d'inertie. L'image latente sur collodio-iodure d'argent est peu attaquée par une solution d'acide nitrique (1,40) si le séjour dans ce bain n'excede pas 6 à 10 minutes ; elle est moins attaquée encore par l'acide nitrique (1,20) moins concentré et après ce traitement elle se développe encore très bien dans un bain au sulfate de fer et au nitrate d'argent.

Si l'image latente primaire est traitée par un bain de fixage au thiosulfate puis développée ensuite avec un révélateur physique, on constate qu'elle a été dissoute en partie jusqu'à environ 5 à 7 fois au delà du point d'inertie. Si l'image latente primaire fixée au thiosulfate est lavée parfaitement, puis traitée par un bain d'acide nitrique pendant 5 à 6 minutes, l'image est détruite jusqu'au point correspondant à 25 à 40 fois le point d'inertie, tandis que les parties plus fortement exposées se laissent encore développer très facilement, bien qu'elles soient elles-mêmes affaiblies.

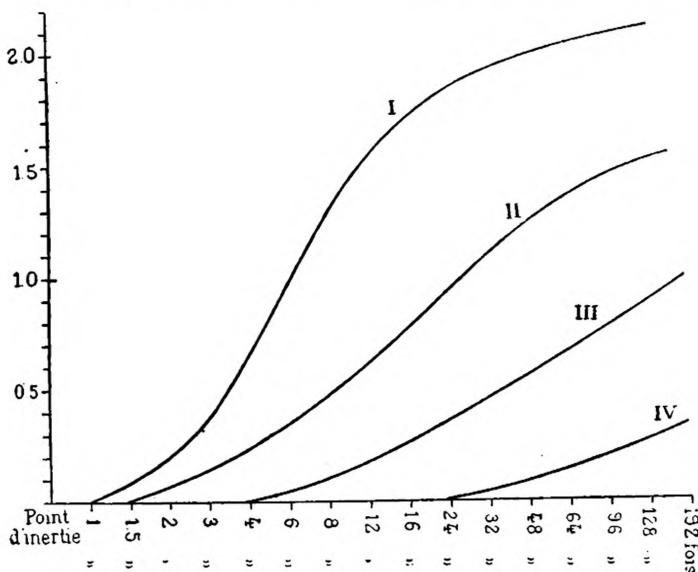


Fig. 5.

- I. Image normale sur  $\text{AgI} + \text{AzO}^3\text{Ag}$  développée avec un révélateur physique. — II. Image latente  $\text{AgI} + \text{AzO}^3\text{Ag}$  traitée par  $\text{AzO}^3\text{H}$  puis développée avec un révélateur physique. — III. Image latente primaire sur  $\text{AgI} + \text{AzO}^3\text{Ag}$  fixée au thiosulfate puis développée avec un révélateur physique. — IV. Image latente primaire sur  $\text{AgI} + \text{AzO}^3\text{Ag}$  fixée au thiosulfate, traitée par  $\text{AzO}^3\text{H}$  et développée avec un révélateur physique.

Les graphiques de la figure 5 donnent une idée d'ensemble de la marche de ces réactions suivant la durée d'impression.

La substance constituant l'image solarisée sur iodure d'argent et nitrate d'argent (plaques au collodion humides) provoque un dépôt d'argent moins considérable, lors du développement physique, que l'image normalement exposée. La solarisation apparaît donc très clairement. L'acide chromique en solution aqueuse détruit l'image normale comme l'image solarisée sur iodure d'argent et à peu près dans les mêmes proportions (1) (différenciation avec le bromure d'argent). Les deux sortes

(1) EDER, *Phot. Korrespondenz.*, 1892, p. 643 et 703. Conf. EDER et VALENTA, *Beitrag zur Photochemie und Spektralanalyse*, 1904, II, p. 170.

d'image (solarisée et normale) supportent partiellement l'action du thiosulfate et se laissent encore développer après ce traitement. Toutefois l'action du thiosulfate produit une modification de la composition de l'image latente ; les parties de l'image sur iodure d'argent, qui ont reçu une impression amplement suffisante résistent à l'action de l'acide nitrique ; mais après fixage par le thiosulfate l'image primaire est complètement dissoute, en 5 minutes par l'acide nitrique au poids spécifique 1,20. Au contraire l'image latente de solarisation, ayant subi un fixage primaire, conserve, après un court traitement par l'acide nitrique, un reste d'image que le développement physique fait apparaître, mais si l'action de l'acide nitrique se prolonge il se développe, à la place de l'image de solarisation, un négatif normal, quand le cliché est soumis à l'action d'un révélateur physique.

Ces réactions permettent donc de déduire, avec toute vraisemblance, que l'image latente sur collodio-iodure d'argent est constituée par du sous-iodure d'argent, qui est dissocié par le thiosulfate en iodure d'argent et en argent métallique (en opposition avec le sous-bromure d'argent, hypothétique, dans l'image latente sur collodio-bromure d'argent).

#### Explication des phénomènes décrits par la théorie des sous-haloïdes.

La théorie des sous-haloïdes permet d'expliquer facilement la façon dont se comporte l'image latente sur bromure d'argent en présence des réactifs chimiques.

La substance de l'image latente normale (négatif de premier ordre) se compose de particules de bromure à un degré variable de réduction et qui contiennent du sous-bromure.

Nous admettons en outre que dans une impression progressive, au début de l'intervention lumineuse, il se forme un sous-bromure d'argent, par dissociation photochimique de brome, ce sous-bromure diffère très peu du bromure d'argent normal, toutefois, comme nous le voyons dans les procédés négatifs photographiques, ce sous-bromure est réduit beaucoup plus rapidement en argent métallique, par les agents de réduction ordinaires, que ne l'est le bromure d'argent normal. Cette sorte de sous-bromure est dissoute par le thiosulfate aussi bien que par l'acide nitrique. Cette supposition permet d'expliquer les phénomènes que nous avons décrits et qui se produisent avec l'image latente sur bromure d'argent faiblement impressionné.

Quand l'exposition est un peu plus considérable, il se forme un sous-bromure, qui constitue l'image négative normale, et qui est attaqué faiblement par l'acide nitrique, et qui avec une impression et un développement régulièrement progressifs donne un négatif normal, présentant les mêmes caractéristiques et les mêmes courbes de noircissement que le cliché normalement traité.

Ce sous-bromure est moins soluble dans les bains de fixage, tels que l'ammoniaque, le bromure d'ammonium et le thiosulfate, que le bromure d'argent ordinaire, et il demeure par conséquent, après le fixage primaire, un résidu d'image qu'il est possible de révéler à l'aide d'un développeur physique, bien que ce traitement donne lieu à une certaine modification. Suivant la constitution chimique, le degré de concentration et la température du bain de fixage le sous-bromure est lui-même plus ou moins complètement dissocié en bromure d'argent

soluble et en argent métallique, de sorte que le résidu d'image latente est formé d'un restant de sous-bromure et de particules d'argent métallique. Le cyanure de potassium pousse la dissociation à l'extrême et il ne reste plus que de l'argent métallique.

Si l'on fait agir l'acide nitrique sur l'image latente primaire fixée, la substance de l'image latente se trouve détruite plus complètement encore que par le bain de fixage, en tant du moins qu'elle est constituée par des particules d'argent métallique ; cet argent est dissous par l'acide et il ne demeure plus que le sous-bromure d'argent que le développement physique peut encore déceler. Mais ce sous-bromure d'argent se trouve à son tour dissocié en bromure d'argent et en argent métallique soluble, si l'action de l'acide nitrique se prolonge, le bromure d'argent ne peut plus être développé physiquement à moins d'être impressionné de nouveau, mais dès qu'on expose la plaque ainsi traitée, à la lumière, il se produit une nouvelle formation de sous-bromure, qui forme racine, ou « germe » pour le développement physique.

Dans les cas où le bromure d'argent a été très fortement surexposé, il se produit une image de solarisation, qui n'est nullement identique à l'image visible par noircissement direct du bromure, et qui présente une autre constitution chimique, se comportant en outre de façon toute différente que la substance qui constitue l'image normale, c'est-à-dire le négatif de premier ordre.

Le négatif de second ordre qui apparaît dans les cas de très forte surexposition sont constitués, dans les cas que nous avons cités, du moins, par trois corps chimiques différents : l'argent métallique, la substance qui constitue l'image solarisée et le sous-bromure qui constitue la substance de l'image du négatif de leur ordre. Ces différents corps se distinguent entre eux non seulement par la façon dont ils se comportent dans le développement photographique, mais aussi dans la manière dont ils supportent l'action de l'ammoniaque, du thiosulfate, de l'acide nitrique.

La substance de l'image obtenue par noircissement direct diffère, au point de vue photographique, de l'image latente solarisée, dans laquelle nous pouvons admettre une solution stable de sous-bromure d'argent dans le bromure d'argent mais qui s'explique beaucoup mieux par l'existence de différentes sortes de sous-bromures dans les parties de l'image très fortement impressionnées.

L'image latente sur collodio-iodure d'argent, avec bain de nitrate d'argent, semble elle-même être constituée par un sous-iodure d'argent, sous-iodure qui est plus facilement dissocié en argent métallique par le thiosulfate que ne l'est de son côté le sous-bromure d'argent.

La substance qui constitue l'image latente, est au point de vue de la façon dont elle se comporte en présence des agents chimiques, absolument indépendante de la longueur d'onde de la lumière qui a agi sur la couche sensible. Les sensibilisateurs optiques (éosine, violet d'éthyle, etc.) donnent lieu en présence des rayons pour lesquels ils ont rendu la couche sensible aux mêmes réactions photochimiques du sous-bromure d'argent, qui se produisent quand ce sont les rayons bleus violets, ou ultra violets qui agissent sur la couche de bromure d'argent ordinaire.

Dr J. M. EDER.

Vienne, Laboratoire photochimique du K. K. graphischen Lehr und Versuchanstalt.

## SOCIÉTÉS SAVANTES

---

*Résolutions et vœux adoptés par le congrès international de photographie tenu à Liège en 1905*, relevés et coordonnés par M. E. WALLON (*Extrait*).

QUESTION I. — *Définition et mesure de la sensibilité des préparations photographiques dans leurs conditions ordinaires d'emploi.*

QUESTION II. — *Photométrie ; son étude pratique au point de vue photographique.*

### CHOIX D'UN ÉTALON SECONDAIRE POUR LA PHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE

Le Congrès estime que, dès à présent, on peut adopter comme étalon lumineux secondaire, pour la photométrie photographique, l'étalon à acétylène constitué par :

- 1<sup>o</sup> Le brûleur à débit constant, avec appareil de contrôle, proposé par M. FOUCHE ;
- 2<sup>o</sup> Le dispositif de M. FÉRY, modifié par M. MONPILLARD (1).

Il donne mandat à MM. FOUCHE et MONPILLARD, en les félicitant de leurs travaux, de poursuivre dans ses derniers détails l'étude de cet étalon ; il charge la Commission permanente d'en arrêter les conditions d'établissement et d'en assurer la comparaison avec l'étalon Violette, de façon à permettre au prochain Congrès international de prendre à cet égard des résolutions définitives.

En ce qui concerne le mode de comparaison de l'étalon secondaire à l'étalon Violette le Congrès estime qu'une méthode photographique serait désirable ; mais que, les éléments nécessaires faisant encore défaut, il y a lieu de s'en tenir à la comparaison optique, en attendant que des procédés photographiques puissent être adoptés.

### DÉFINITIONS ET CHOIX D'UNITÉS

1<sup>o</sup> *L'unité photographique de quantité de lumière blanche sera la quantité de lumière envoyée pendant une seconde à l'unité de surface (un centimètre carré) placée normalement à un mètre de distance par la bougie d'acétylène, équivalent à  $\frac{1}{20}$  de l'étalon Violette.*

Elle sera désignée par le symbole B. P. M. S. (bougie photographique mètre-seconde).

2<sup>o</sup> On entendra par *transparence* d'un dépôt, examiné par transmission, le rapport de la quantité de lumière transmise à la quantité de lumière reçue ; par *opacité*, l'inverse de ce rapport ; et par *densité*, le logarithme de l'opacité (2).

(1) *Revue des Sciences photographiques*, juin 1905, p. 76.

(2) Toutefois, ce dernier terme de densité, ne semblant pas complètement satisfaisant, n'est adopté qu'à titre provisoire : il désigne ce que le Dr Eder appelle *Schärzung*.

Il s'ensuit que :

la densité 0 correspond à l'opacité	1		
—	1	—	10
—	2	—	100
—	3	—	1000
—	4	—	10000

et que l'*unité de densité* est la densité d'un dépôt qui transmet la dixième partie de la lumière qu'il reçoit.

Pour les dépôts destinés à être vus par réflexion, le Congrès (sous réserve de modifications futures) adopte comme *unité de teinte* celle qui est produite par un mélange où entreraient, à parties égales, d'une part la teinte la plus foncée pouvant être obtenue sur la préparation sensible considérée, et d'autre part la teinte de fond du support (1).

3<sup>e</sup> On entendra par *durée normale de développement* une durée telle que, aux environs de la densité 1, les densités soient proportionnelles aux logarithmes des quantités de lumière [les intensités transmises par le négatif, uniformément éclairé, étant alors inversement proportionnelles aux quantités de lumière reçues au moment de l'exposition (2)].

4<sup>e</sup> La *sensibilité* d'une émulsion aura pour mesure la quantité de lumière nécessaire pour obtenir l'unité de densité, avec la durée normale de développement.

L'*élasticité* d'une émulsion aura pour mesure celle de l'intervalle où les densités restent, avec la durée normale de développement, proportionnelles aux logarithmes des quantités de lumières ; et, pour expression numérique, la différence des densités limites.

Le *voile* d'une émulsion aura pour mesure la densité obtenue, sans intervention de la lumière, après un développement de durée normale.

L'émulsion photographique pourra être caractérisée par :

- α. Sa sensibilité,
- β. Son élasticité,
- γ. Son voile.

5<sup>e</sup> En ce qui concerne les émulsions destinées soit à la photographie orthochromatique, soit à la sélection des couleurs, elles ont besoin, au point de vue pratique, d'être caractérisées :

α. Par la loi de variation de leur sensibilité dans les diverses régions du spectre : plus particulièrement, par l'indication des radiations auxquelles correspondent leurs maxima et minima de sensibilité, et de la limite où s'arrête pratiquement, du côté des radiations peu réfrangibles, cette sensibilité ;

(1) Il résulte de cette définition que l'*unité de teinte* varie suivant la préparation employée. Le Congrès pense qu'on ne peut pas éviter cet inconvénient, en raison des teintes très variables, et peu comparables entre elles, que présentent les épreuves obtenues sur différentes préparations.

(2) En ce qui concerne le développement, dans les essais des plaques, le Congrès admet qu'une plaque doit être essayée avec le révélateur recommandé par le fabricant ; il invite donc les fabricants à indiquer le révélateur qu'ils préconisent pour leurs préparations, et insiste sur la nécessité qu'il y a de joindre, au libellé de la formule, l'indication de la température à laquelle le développement doit être fait de préférence.

Il fait remarquer que la température la plus commode à employer dans nos climats est celle de 15° à 17° C.

$\beta$ . Par le rapport à la sensibilité générale, ou sensibilité pour la lumière blanche, de la sensibilité spéciale, ou chromatique, pour certains groupes de radiations (coefficients de sensibilité chromatique).

Les indications nécessaires peuvent être fournies, dans le premier cas, par les méthodes spectrographiques, et, dans le second, par des méthodes du type que M. Monillard appelle *méthodes chromosensitométriques*.

Le Congrès estime qu'il n'est pas actuellement possible de définir, de façon précise, la sensibilité chromatique, non plus que l'unité de lumière colorée ; mais que ces définitions ne sont pas indispensables pour les essais sensitométriques, qui ne comportent que des mesures relatives.

#### VOEUX RELATIFS A LA QUESTION I

I. Le congrès insiste sur l'intérêt qui s'attache à ce que, dans toutes les expériences relatives à la sensitométrie, les résultats soient rendus immédiatement comparables.

Pour atteindre ce but, et en raison des définitions adoptées, il recommande :

1<sup>o</sup> Dans les appareils sensitométriques où est employé un écran rotatif à ouvertures circulaires de diamètres croissants, de choisir une loi d'accroissement telle que les *logarithmes des surfaces d'ouverture*, et non plus, comme il est actuellement d'usage, les surfaces elles-mêmes, forment une série de nombres simples ;

2<sup>o</sup> Dans les appareils où, pour obtenir un enregistrement direct on utilise un écran à ouvertures non circulaires, de forme calculée (en particulier dans le spectro-sensimètre de M. Belin), de donner à ces ouvertures une forme telle que, sur la courbe enregistrée, les ordonnées soient proportionnelles aux *logarithmes des temps d'exposition*, et non plus à ces temps eux-mêmes.

II. Le Congrès souhaite que la Commission permanente provoque :

1<sup>o</sup> Des expériences propres à préciser les points relatifs au développement dans les essais de sensibilité, particulièrement en ce qui concerne la durée du révélateur ;

2<sup>o</sup> Des essais comparatifs de mesure d'opacité avec les différentes méthodes qui ont été proposées.

III. Le Congrès émet le vœu que les études en cours, dans différents pays, sur les problèmes très complexes de l'orthosensitométrie, soient poursuivies et, autant que possible, coordonnées ; il charge la Commission permanente de mettre en relation les auteurs de ces études.

QUESTION III. — *Recherche d'étalons de lumières colorées et de méthodes de comparaison. Étalonnage des écrans colorés et des couleurs pigmentaires (orthochromatisme, sélections, éclairage du laboratoire).*

#### RÉSOLUTIONS RELATIVES AU MODE D'ÉTABLISSEMENT DES ÉCRANS COLORÉS.

I. Pour faciliter la confection d'écrans colorés pelliculaires identiques entre eux, le Congrès recommande de préparer ces écrans en coulant, sur une surface d'aire connue, un volume déterminé d'une solution titrée ou des colorants dans une solution gélatineuse ou dans un collodion, toutes précautions utiles étant prises pour assurer à la pellicule une épaisseur uniforme ; le Congrès considère qu'il serait impossible de créer des écrans pelliculaires exactement définis par la teinture d'une

pellicule de gélatine dans un bain colorant, l'intensité et la nuance de la couche teinte variant sous de nombreuses influences.

Dans les formules de préparation de ces écrans on spécifiera le poids de chacun des colorants à distribuer par chaque centimètre carré de la surface de l'écran.

II. Les écrans colorés liquides seront employés dans des cuves à faces parallèles ayant une épaisseur intérieure uniforme de 1 cm. (ou formées de compartiments ayant chacun 1 cm. d'épaisseur); les formules de préparation des liquides colorés à utiliser dans ces cuves seront exprimées conformément aux règles par le Congrès international de Photographie (1) pour l'expression des formules de bains et solutions. La comparaison de ces écrans avec ceux du premier type considéré est facilitée par le fait que, dans ces conditions, le poids en milligrammes des colorants rencontrés par un faisceau lumineux normal aux parois et ayant 1 cm<sup>2</sup> de section est représenté par le même nombre qui indique le poids en grammes de ces colorants à dissoudre par litre de la solution colorée.

III. Le Congrès croit devoir rappeler aux auteurs qu'un grand nombre de matières colorantes artificielles sont sujettes à variations, même quand elles sont livrées sous dénominations et marques identiques; il est donc désirable que, dans les formules d'écran colorés, ne figurent, autant que possible, que des substances de constitution chimique rigoureusement définie et invariable.

Pour les colorants organiques, on joindra au nom du produit considéré l'indication de son fabricant et la reproduction textuelle des noms, marques et numéros portés au catalogue de celui-ci; on y joindra, s'il y a lieu, la date de fabrication.

#### QUESTION IV. — *Caractéristiques et classification des verres d'optique.*

Le Congrès international, considérant que, grâce aux progrès accomplis dans la fabrication, les deux caractéristiques principales des verres d'optique, pouvoir réfringent et pouvoir dispersif, liées autrefois de façon très étroite, sont devenues aujourd'hui des variables indépendantes; que, par suite, le groupement ancien des matières en crown-glass et flint-glass, est devenu insuffisant, et qu'il introduit dans la classification une confusion fâcheuse, au point de vue des applications comme à celui de la science et de la littérature photographiques;

Émet le vœu qu'une entente intervienne entre les verriers pour faire disparaître cette confusion, et pour établir une classification plus conforme aux conditions actuelles.

Le Congrès suggère que l'on pourrait, en s'appuyant toujours sur les mêmes caractéristiques et en leur laissant une importance égale, diviser les verres en quatre groupes, auxquels on attribuerait des désignations nouvelles; ou bien, si l'on veut modifier aussi peu que possible les habitudes anciennes, donner le pas à la variation du pouvoir dispersif, et décider que tous les verres pour lesquels, avec les notations habituelles,

$$\gamma = \frac{D - 1}{F - C}$$

sera supérieur à une certaine limite, *cinquante*, par exemple, seront rangés dans le groupe des Crown-glass, et tous les autres dans celui des Flint-glass.

(1) *Exposition universelle de 1900. Congrès international de Photographie. Procès-verbaux, rapports, etc., p. 59. Paris, Gauthier-Villars, 1901.*

**QUESTION V. — *Caractéristiques des objectifs et instruments annexes.***

Le Congrès international, après avoir reçu communication des résolutions que la Commission permanente, munie à cet effet des pleins pouvoirs du Congrès de 1900, a prises relativement au numérotage des diaphragmes (1), s'associe pleinement à ces résolutions.

Il émet le vœu que les opticiens suivent sans réserve les règles énoncées, et demande aux Société photographiques de ne plus accepter, en principe, la présentation d'objectifs dont le numérotage ne serait pas conforme à ces règles.

**CARACTÉRISTIQUES DES OBJECTIFS**

I. Le Congrès décide qu'il y a lieu, dans les diverses expressions : *coefficient d'ouverture utile, ouverture relative, etc.*, de substituer le mot *diamètre* au mot *ouverture*.

II. Le Congrès exprime le vœu que la Commission permanente provoque des recherches ayant pour objet de mesurer les pertes de lumière qui se produisent à l'entrée et à la traversée des objectifs, d'en trouver, s'il est possible, les lois, et d'établir des méthodes propres à la détermination d'un coefficient caractéristique.

**QUESTION VI. — *Etude et caractéristiques des obturateurs de plaque.***

L'obturateur de plaque, en ce qui regarde le mouvement de la fente, doit être caractérisé :

1<sup>o</sup> Par les vitesses maximum de départ et d'arrivée de la fente exprimées en mètres par seconde ;

2<sup>o</sup> Par le rapport de la vitesse de départ à la vitesse d'arrivée ;

3<sup>o</sup> Par le rapport des vitesses moyennes extrêmes, obtenues en donnant à la fente la plus grande et la plus petite vitesse possible.

A titre de renseignements, on indiquera :

a. Le maximum et le minimum de largeur, pratiquement utilisable, de la fente ;  
b. La distance moyenne du rideau à la couche sensible ;

c. Les temps de pose, exprimés en millisecondes, qui correspondent aux vitesses moyennes extrêmes, pour des largeurs croissant de 10 mm. en 10 mm. On recommande aux constructeurs de graver ces temps de pose au-dessus de la graduation de la fente, graduation exprimée en millimètres.

Les méthodes de mesure devront donner ces différents renseignements avec une approximation supérieure à 5 pour 100.

**QUESTION VII. — *Propositions diverses concernant le matériel photographique. — Remplacement de la vis de pied dite vis du Congrès (éalon provisoire) par une vis à filetage du système international. — Vœu relatif à l'unification des vis de montage. — Format des diapositives de projection.***

**VIS DE PIEDS**

En remplacement de la vis adoptée à titre provisoire, par le Congrès de 1889, pour la fixation des chambres noires sur les pieds, le Congrès propose d'employer doréna-

(1) Voir, pour ces résolutions, le *Bulletin de la Société française de Photographie*, 2<sup>e</sup> série, t. XVIII, 1902 p. 473.

vant la vis de 10 mm. de diamètre de la série internationale de vis mécaniques adoptée par le Congrès de Zurich de 1898.

Cette vis est formée par l'enroulement, en hélice à droite et suivant le pas de 1 mm. 5, d'un filet simple dont le profil est un triangle équilatéral de côté égal à ce même pas et dont les angles, au sommet et au fond des filets, sont abattus par une troncature menée au  $\frac{1}{8}$  de la hauteur (1).

#### VIS POUR MONTURES D'OBJECTIFS

Le nombre de tours de filet à donner aux montures d'objectifs est laissé à l'appréciation des constructeurs.

Mais en rappelant les recommandations faites par le Congrès de 1889 (2), le Congrès signale aux constructeurs et aux photographes les dispositions avantageuses qui, adoptées pour certains objectifs, en facilitent le montage ainsi que l'emploi des diaphragmes ou des obturateurs qui peuvent s'y adapter.

#### VIS SERVANT A L'ASSEMBLAGE DES DIFFÉRENTES PARTIES DES CHAMBRES NOIRES

Bien qu'il n'y ait pas lieu de chercher à imposer des règles absolument uniformes pour l'établissement des vis de tout genre entrant dans la construction des appareils photographiques, le Congrès signale aux constructeurs que le système international de filetages, adopté par le Congrès de Zurich, et d'abord limité aux vis de diamètre supérieur à 6 mm. s'est généralisé et étendu jusqu'au diamètre de 1 mm. ; et que ce système sera, suivant toutes probabilités, prochainement adopté de façon universelle sur le continent.

Il leur recommande donc de se conformer autant que possible, pour l'établissement et le choix des vis entrant dans la construction de leurs appareils, aux indications du tableau publié par la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale de Paris (3).

(1) D'après les règles adoptées par le Congrès de Zurich, le profil fixe, tant pour la vis que pour son écrou, est un *profil limité* par excès pour la vis et par défaut pour l'écrou ; et le jeu à ménager entre la vis et son écrou n'est pas fixé d'une façon absolue, chaque constructeur restant juge des tolérances admissibles, suivant la destination des vis et suivant l'outillage employé pour leur fabrication.

Mais, eu égard à la destination spéciale des vis dont il s'agit ici, le Congrès recommande aux constructeurs de chercher à se rapprocher le plus possible du jeu de  $\frac{1}{40}$  de millimètre qui avait été déjà indiqué dans les résolutions premières votées par le Congrès de 1889.

(2) *Congrès international de Photographie de 1889 : Rapports et documents*. Paris, Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Grands-Augustins, 1890. — *Congrès international de Photographie, Bruxelles, 1891 ; Rapport général de la Commission permanente*. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1891.

(3) *Unification des filetages* (Rapport en date du 15 juin 1905, de la Commission). Paris, Ph. Renouard, 1905.

*(Bulletin de la Société française de Photographie.)*

## BIBLIOGRAPHIE

---

**Cours de chimie physique**, suivi d'applications à la chimie et à la biologie par Victor HENRI, docteur en philosophie (Université de Göttingue), docteur ès sciences (Université de Paris). Paris, librairie scientifique A. Hermann, 1906.

Ce très intéressant ouvrage n'est autre que la reproduction du cours libre professé à la Faculté des sciences de l'Université de Paris, par M. Victor HENRI. Il est accessible à des lecteurs ne possédant que des notions de chimie et de physique élémentaire ; l'emploi des mathématiques y a été réduit au choix de quelques expressions très simples et qui ne sont nulle part indispensables à l'intelligence de l'enchaînement des idées.

Le premier fascicule paru contient la plus grande partie de l'étude des solutions ; c'est dans le second fascicule, qui étudiera la mécanique chimique, que l'on trouvera les réactions chimiques produites par les radiations et la photochimie. Nous analyserons ce second fascicule dès son apparition.

G.-H. N.

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

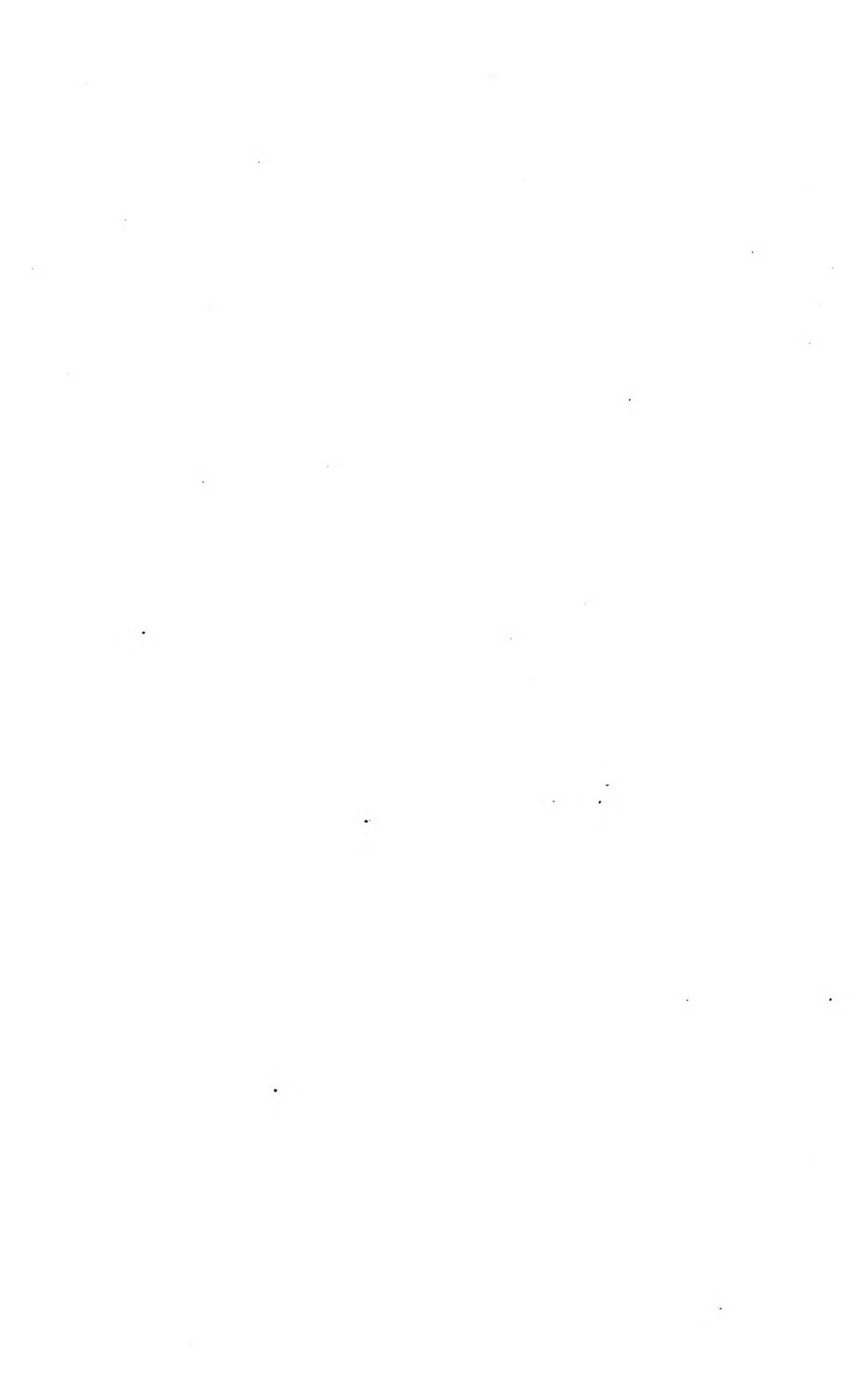


Cliché obtenu avec une jumelle à prismes Krauss  
(diamètre du cercle oculaire 2 mm)



Cliché direct





# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU RÔLE DES ALCALIS

## DANS LES RÉVÉLATEURS ORGANIQUES

Par A. et L. Lumière et A. Seyewetz

On admet généralement que le rôle des alcalis ou de leurs succédanés dans les révélateurs est de saturer l'acide bromhydrique qui prend naissance dans l'opération du développement par l'action de l'hydrogène (fourni soit directement par le réducteur, soit par la décomposition de l'eau sous l'influence du réducteur) sur le brome du bromure d'argent.

Reeb a récemment contesté cette hypothèse et a supposé que les alcalis sont destinés à former avec les révélateurs des combinaisons salines qui sont décomposées ensuite par l'acide bromhydrique (1). Il a admis, en outre, qu'une substance renfermant la fonction développatrice ne peut révéler l'image latente que si elle possède une constitution saline ou peut former un sel au moment du développement, de façon que la partie basique de ce sel puisse saturer l'acide bromhydrique (2).

Dans les deux hypothèses précédentes, la quantité d'alcali nécessaire pour produire le développement devrait donc être la même. En effet, que l'alcali soit à l'état libre dans le révélateur ou combiné au réducteur, il saturera toujours la même quantité d'acide bromhydrique.

Or, il y a une grande disproportion entre la quantité d'alcali pratiquement employée et celle qui devrait être nécessaire d'après les théories sus-mentionnées. Ces hypothèses ne sauraient donc nous satisfaire.

Dans la présente étude, nous avons cherché à expliquer le rôle de l'alcali dans les révélateurs en élucidant les points suivants :

1<sup>o</sup> Quelle est la quantité moyenne d'acide bromhydrique intéressée dans le développement d'une plaque au gélatino-bromure de dimensions déterminées ? Le développement peut-il avoir lieu en additionnant le révélateur de la quantité théorique d'alcali pour saturer l'acide bromhydrique ? Quel rapport existe entre le pouvoir réducteur d'un révélateur renfermant cette quantité d'alcali et celle susceptible de produire l'effet réducteur maximum ? Ce rapport est-il identique, pour un même révélateur, avec les alcalis caustiques et avec les alcalis carbonatés, et pour un même alcali varie-t-il avec la nature du révélateur ?

2<sup>o</sup> Dans un même révélateur peut-on remplacer un poids déterminé d'alcali par les poids équimoléculaires des divers alcalis ou de leurs succédanés pour obtenir

(1) REEB, *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1904, p. 324.

(2) On ne conçoit pas comment cette hypothèse peut s'appliquer aux réducteurs nettement basiques, comme la paraphénylène-diamine, dont l'énergie réductrice est considérablement augmentée par l'addition d'alcalis et avec lesquels on ne peut pas admettre de salification par les alcalis.

la même énergie réductrice ? Dans le cas contraire, quel rapport existe-t-il entre les quantités trouvées et les poids équimoléculaires ?

3° Les rapports entre les poids respectifs des divers alcalis qui communiquent à un révélateur une énergie réductrice déterminée sont-ils les mêmes pour tous les révélateurs ?

4° Enfin, peut-on obtenir le même effet réducteur au bout du même temps en employant des poids des divers réducteurs proportionnels à leurs poids moléculaires additionnés d'une quantité constante d'alcali ?

5° Quelle est en somme le rôle des alcalis dans les révélateurs ?

## I

### Partie expérimentale

Pour déterminer la quantité moyenne d'acide bromhydrique qui peut prendre naissance dans le développement d'une plaque  $13 \times 18$  par exemple, on a imprimé sur 6 plaques  $13 \times 18$  une image présentant de grandes surfaces éclairées, afin d'obtenir une forte réduction par le développement. Le développement a été poussé à fond pour avoir le maximum d'intensité, puis les plaques, après fixage et lavage, ont été raclées et traitées par l'acide nitrique étendu de façon à dissoudre l'argent réduit par le révélateur. Par ébullition prolongée, on a détruit la gelatine, puis on a dosé l'argent à l'état de chlorure dans la solution.

Voici les résultats obtenus :

	gr.
Chlorure d'argent . . . . .	0, 3652
Soit argent. . . . .	0, 274
Correspondant à ac. bromhydrique.	0, 2052 pour 6 plaques $13 \times 18$

soit 0 gr. 0342 d'acide bromhydrique par plaque  $13 \times 18$ , quantité saturée par 0 gr. 02366 de potasse caustique.

Nous avons essayé si, avec cette petite quantité de potasse, on peut dans un révélateur à l'hydroquinone, par exemple, développer une plaque  $13 \times 18$  et, d'autre part, 4 plaques  $13 \times 18$ , avec une quantité d'alcali quatre fois plus grande. On a opéré sur  $75 \text{ cm}^3$  de révélateur. Dans le premier cas, le développement a été assez lent (1 heure 30 minutes environ,  $t = 20^\circ$ ), le cliché est peu intense et voilé. Dans le second cas, la durée du développement des trois premières plaques a été respectivement de 6, 12 et 28 minutes. La quatrième plaque, après 35 minutes, n'a donné qu'une image très faible, mais il faut tenir compte de la quantité de révélateur emportée par chaque plaque au moment de son retrait du bain.

On a répété l'expérience précédente, en remplaçant la potasse par la quantité correspondante de soude caustique (0,017).

Les résultats obtenus ont été sensiblement les mêmes ; mais, en remplaçant la soude par le poids équimoléculaire de carbonate de soude (0,023), le pouvoir réducteur s'est montré un peu faible.

Si l'on n'emploie que le poids de réducteur strictement nécessaire pour former

l'acide bromhydrique pouvant neutraliser ces petites quantités d'alcalis (0,023 d'hydroquinone pour 0,017 de soude), le pouvoir réducteur devient sensiblement nul.

Nous avons déterminé, en outre, quelles sont les quantités d'alcali caustique (soude par exemple) d'une part et d'alcali carbonaté (carbonate de soude) d'autre part, au delà desquelles le pouvoir réducteur cesse d'augmenter pour des révélateurs renfermant les quantités de réducteur et de sulfite le plus habituellement employées.

Ces résultats sont consignés dans le tableau I (voir p. 36).

Nous avons comparé le pouvoir réducteur de révélateurs à l'hydroquinone (renfermant par litre 10 gr. d'hydroquinone et 40 gr. de sulfite anhydre) en opérant dans chaque cas sur 75 cmc. de solution et en les additionnant des quantités d'alcalis suivantes :

Quantités pouvant saturer exactement l'acide bromhydrique formé dans le développement d'une plaque 13×18.

Quantités qui, pour 75 cmc. de révélateur, correspondent au pouvoir réducteur maximum.

Les durées de développement respectives pour obtenir des images d'égale intensité ont été entre elles comme les nombres 120 et 1 dans les essais n° 1 et n° 3 avec la soude, et comme 60 et 1 dans les essais n° 2 et n° 4 avec le carbonate de soude (1).

15

Nous avons examiné si, avec un révélateur quelconque, l'hydroquinone par exemple, on peut obtenir le même effet réducteur, après la même durée de développement, toutes conditions étant égales d'ailleurs, en remplaçant le poids d'alcali que renferme le révélateur par des quantités équimoléculaires des divers alcalis ou de leurs succédanés.

Dans ces conditions, les alcalis caustiques conduisent seuls à ce résultat, les carbonates alcalins et leurs succédanés, sauf le trioxyméthylène, donnent des révélateurs dont l'énergie réductrice est variable et notamment inférieure à celle des alcalis caustiques. On a cherché à la rendre égale à cette dernière en augmentant méthodiquement les quantités d'alcalis.

Dans ce but, on a expérimenté l'effet de chaque alcali ou succédané employé en

(1) Ces rapports n'ont rien d'absolu. Ils varient naturellement avec la dilution de l'alcali que l'on adopte pour les solutions n° 1 et n° 3 et avec la proportion d'hydroquinone que renferment ces solutions. C'est pourquoi nous avons précisé la teneur des solutions en révélateur et en alcali.

TABLEAU I.

	HYDROQUINONE.			MÉROQUINONE.			MÉTOL-			HYDROQUINONE.			MÉTOL.			ACIDE PYROGALLIQUE			ICONOGÈNE.			HYDRAMINE.			ÉDINOL.			PYROCATÉCHINE.			ADUROL.			PARAMIDOPHÉNOL.			GLYCINE.			PARAPHÉNYLENDIAMINE.		
Soude caustique (titrée) . . .	7,5	7,5	7,5	45 <sup>g</sup>	40 <sup>g</sup> <sup>(1)</sup>	20 <sup>g</sup>	42,5	45 <sup>g</sup>	45 <sup>g</sup>	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000								
Carbonate de soude anhydre . .	35	20	45	20	30	50	Solubilité incomplète	45	45	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000								
Quantité théorique de soude pouvant saturer exactement l'acide bromhydrique formé avec le poids de réducteur employé dans 1 litre . . . .	7,3	6	10,4	7,6	6,3	10,7	3,65	5,7	7,3	3,5	7,3	5,5	7,3	3,5	7,3	8,2	7,3	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5									

<sup>(1)</sup> Difficile à juger à cause du voile intense.

II. — TABLEAU DU REMPLACEMENT DES ALCALIS ET DE LEURS SUCCESSIONS DANS LES DIFFÉRENTS RÉVÉLATEURS

NOMS DES ALCALIS ET DE LEURS SUCCESSIONS	NOMBRES ÉQUIVALENTS CALCULÉS											
	Composition des révélateurs à laquelle correspondent les nombres du Tableau.											
Lithine caustique . . . . .	40	10	40	10	10	1000	Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	10	HYDROQUINONE		
Soude caustique . . . . .	16,6	16,6	46,6	46,6	46,6	1000	Eau . . . . .	Hydroquinone . . . . .	10			
Potasse caustique . . . . .	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	1000	Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	60	MÉTOQUINONE		
Carbonate de lithine anhydre	15,4	86	31,5	31,5	31,5	1000	Eau . . . . .	Métol . . . . .	9	MÉTOL-		
Carbonate de soude anhydre	22,1	160	57	57	57	1000	Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	50	HYDROQUINONE		
Carbonate de potasse —	28,7	126	47	47	47	1000	Eau . . . . .	Hydroquinone . . . . .	9	MÉTOL		
Trioxyméthylène . . . . .	12,5	14	14	14	14	1000	Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	50	ACIDE PYROGALLIQUE		
Aldéhyde à 95 pour 100 . . .	24,1	34	34	28,5	31,5	1000	Eau . . . . .	Ac. pyrogallique . . . . .	10	ICONOGÈNE		
Phosphate tribasique de soude.	158,3	200	200	143	171,5	200	Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	30	HYDRAMINE		
Acétone . . . . .	30	457	143	114	114	428,5	1000	Iconogène . . . . .	35	ÉDINOL		
							Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	15	PYROCATÉCHINE		
							Eau . . . . .	Hydramine . . . . .	5	ADUROL		
							Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	40	PARAMIDOPHENOI.		
							Eau . . . . .	Eau . . . . .	10	GLYCINE		
							Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	100	PARAPHÉNYLENE DIAMINE		
							Eau . . . . .	Glycine . . . . .	45			
							Eau . . . . .	Eau . . . . .	17			
							Eau . . . . .	Sulfite anhydre . . . . .	10			

Les proportions d'aldéhyde et d'acétone sont indiquées en volume (centimètres cubes pour 10<sup>c</sup> de lithine caustique).

*Nota.* — Nous n'avons pas fait figurer l'ammoniaque dans la liste précédente, car cette substance donne, dans tous les cas, du voile dichroïque qui, non seulement empêche de juger de l'intensité du cliché, mais le rend inutilisable pratiquement. Les proportions d'alcalis caustiques ont été déterminées avec des solutions exactement titrées et correspondant à des quantités exactes de KOH, NaOH et LiOH, car les produits du commerce ont une composition extrêmement variable.

quantité croissante ; dans chaque série on a choisi les proportions donnant, après le même temps, la même intensité, et l'on a développé comparativement les plaques. Suivant les effets constatés au bout du même temps, on a modifié les quantités de chaque alcali pour obtenir des résultats identiques.

Nous avons constaté qu'on peut toujours amener un révélateur à la même énergie réductrice, avec les alcalis carbonatés ou leurs succédanés qu'avec les alcalis caustiques, mais seulement si l'on en prend des poids deux à huit fois plus grands que ne l'indiquerait l'équivalence moléculaire.

Toutefois, avec certains réducteurs, on n'obtient ce résultat que si les alcalis caustiques à remplacer sont en petite quantité, car, en trop grande proportion, ils donneraient une énergie réductrice que ne pourraient produire les alcalis carbonatés, même en quantités considérables. Les essais précédents ont été faits avec les principaux révélateurs du commerce.

Le tableau II (voir p. 37) rend compte de ces essais. Tous les nombres sont rapportés à 10 gr. de lithine caustique, alcali dont le poids moléculaire est le plus faible.

Pour le révélateur à la glycine, nous avons constaté que l'addition d'une quantité d'alcali inférieure à 1 gr. de soude caustique pour 2 gr. 5 de glycine ne communique au révélateur qu'un pouvoir réducteur extrêmement faible et notablement moindre que si l'on avait employé un carbonate alcalin. Au-dessus des quantités précédentes, l'action des alcalis carbonatés devient plus faible que celle des alcalis caustiques. Les chiffres du tableau ci-dessus ne s'appliquent qu'aux proportions dépassant cette limite.

Dans le révélateur à la paraphénylène-diamine, au contraire, l'addition d'alcalis caustiques provoque une action réductrice considérablement plus énergique que s'il s'agissait d'alcalis carbonatés et n'augmente plus à partir d'une quantité correspondante à 20 gr. de carbonate de soude anhydre pour 10 gr. de paraphénylène-diamine.

### III

#### Influence des poids relatifs d'alcali et de réducteur.

On a répété les essais précédents :

1<sup>o</sup> Avec les mêmes proportions d'alcalis (correspondant à 1 gr. 75 de lithine par litre) et de concentrations trois fois moindres en réducteur et en sulfite.

2<sup>o</sup> Avec les mêmes proportions d'alcalis précédentes et des concentrations doubles en réducteur et en sulfite.

3<sup>o</sup> Avec le tiers des proportions d'alcalis précédentes et des concentrations trois fois moindres en réducteur et en sulfite.

Dans ces différentes conditions, les nombres du tableau ci-dessus subissent avec quelques révélateurs des modifications notables.

Avec l'Iconogène, le métol, la paraphénylène-diamine, la métoquinone, le métol-hydroquinone, le paramido-phénol et l'adurol, les différences constatées sont insignifiantes.

## IV

Nous avons comparé les pouvoirs réducteurs des divers développateurs renfermant des poids équimoléculaires de réducteurs additionnés d'une même quantité d'un alcali caustique, la soude par exemple. Ces révélateurs ont une énergie réductrice très différente.

Nous avons reconnu qu'on peut constituer, à l'aide de quantités équimoléculaires des divers réducteurs, des révélateurs possédant la même énergie, en les additionnant de quantités variables soit de soude caustique, soit de carbonate de soude.

Les quantités d'alcalis nécessaires pour obtenir ce résultat sont indiquées dans le tableau III.

NOMS des divers révélateurs par ordre de pouvoir réducteur décroissant.	POIDS équimoléculaires de réducteur renfermé dans 1 litre de révélateur contenant 45g de sulfite de soude anhydre	CAS DE LA SOUDE CAUSTIQUE		CAS DU CARBONATE DE SOUDE	
		POIDS RELATIFS de soude caustique nécessaire pour produire la même énergie réductrice, le poids de soude nécessité par la métroquinone étant pris pour unité.	POUSSANCE RÉDUCTRICE comparée des divers réduc- teurs, celle du révélateur à la glycine étant prise pour unité.	POIDS RELATIFS de carbonate de soude nécessaires pour produire la même énergie réductrice, le poids de carbonate de soude nécessité par la métroquinone étant pris pour unité.	POUSSANCE RÉDUCTRICE comparée des divers réduc- teurs, celle du révélateur à la glycine étant prise pour unité.
Métoquinone . . . . .	12	1	4,2	1	74
Métol-hydroquinone . . . . .	1/8 métol + 9g hydroquinone	1,25	3,33	4	18,5
Paramidophénol . . . . .	11	1,25	3,33	Dissolution incomplète	.....
Paraphénylène-diamine . . . . .	11	1,25	3,33	Cas particulier	.....
Hydramine . . . . .	11	1,66	2,5	Dissolution incomplète	.....
Acide pyrogallique . . . . .	12,6	1,66	2,5	11	6,7
Hydroquinone . . . . .	11	2,08	2	34	2,2
Pyrocatechine . . . . .	11	2,3	1,8	40	6,4
Métol . . . . .	17	2,3	1,8	10	7,4
Iconogène . . . . .	26	2,3	1,8	11	6,7
Edinol . . . . .	14	2,8	1,5	32	23
Adurol . . . . .	14,5	3	1,43	17	4,4
Glycine . . . . .	16,5	4,2	1	74	1

## V

L'examen du tableau de remplacement des alcalis dans les divers révélateurs nous permet de faire les remarques suivantes :

1° Les alcalis caustiques peuvent se remplacer en quantités équimoléculaires dans tous les révélateurs.

2° Avec les carbonates alcalins, non seulement les quantités à employer sont beaucoup plus fortes que celles calculées équimoléculairement d'après le poids des alcalis caustiques, mais encore les quantités des divers carbonates alcalins à employer ne sont pas proportionnelles à leurs poids moléculaires.

En outre, le carbonate de potasse, bien qu'ayant un poids moléculaire supérieur à celui du carbonate de soude, doit toujours être employé en plus faible proportion que ce dernier, tandis que la quantité de soude caustique qui entre dans un révélateur ne peut être remplacée que par un poids supérieur de potasse caustique. Les proportions de carbonates alcalins à employer sont sensiblement les mêmes avec un grand nombre de révélateurs, mais diffèrent notablement avec les réducteurs suivants : *hydroquinone, acide pyrogallique, glycine et paraphénylène-diamine*.

L'hydroquinone, bien qu'isomère de la pyrocatechine, exige des quantités de carbonates alcalins environ trois fois plus grandes que cette dernière. Enfin la glycine et la paraphénylène-diamine font exception aux règles précédentes.

Pour la première, nous avons indiqué que des quantités d'alcalis caustiques inférieures à 1 gr. de soude caustique pour 2 gr. de glycine donnent une très faible activité réductrice, notamment inférieure à celle obtenue avec les alcalis carbonatés. Au-dessus de cette quantité, les alcalis caustiques redeviennent plus actifs que les carbonates.

On peut expliquer cette anomalie, en supposant que, dans la glycine :

$\text{C}_6\text{H}_4<\overset{\text{OH}}{\underset{\text{AzH}}{\text{---}}} \text{CH}_2\text{---COOH}$ , le carboxyle est d'abord salifié par l'alcali caustique et que le sel formé n'est plus décomposable par l'acide bromhydrique, tandis que le carbonate de soude ne produit pas à froid cette salification et peut agir directement sur l'acide bromhydrique. Si l'on traite la glycine par du carbonate de soude, il n'y a pas dégagement visible d'acide carbonique à froid.

En outre, la quantité de soude caustique à partir de laquelle l'alcali caustique paraît exercer normalement son action sur le pouvoir réducteur est un peu supérieure à celle qu'exigerait la salification du carboxyle. Ces faits viennent à l'appui de notre hypothèse.

Pour la paraphénylène-diamine, ces nombres sont encore beaucoup plus élevés et correspondent à environ trente fois les quantités équimoléculaires, tandis qu'avec les alcalis caustiques des quantités relativement faibles sont suffisantes. Cette anomalie peut s'expliquer si l'on admet que la paraphénylène-diamine qui est une base forte,吸<sup>1</sup>orbe l'acide bromhydrique avant que celui-ci puisse décomposer le carbonate de soude et que le bromhydrate formé n'est pas décomposé à froid par les carbonates alcalins, tandis qu'il le serait par les alcalis caustiques. A l'appui de cette hypothèse, on peut constater que le bromhydrate de paraphénylène-diamine ne dégage pas d'acide carbonique à froid en présence du carbonate de soude.

Avec les succédanés des alcalis, on a obtenu des chiffres variables dont un assez grand nombre (ceux obtenus avec le trioxyméthylène, l'aldéhyde et le phosphate) sont voisins des quantités équimoléculaires calculées par rapport aux alcalis caustiques.

L'acétone donne des nombres très variables compris entre cinq fois et vingt fois la quantité équimoléculaire calculée par rapport au poids de soude caustique. En outre, avec certains révélateurs, l'énergie réductrice diminue beaucoup quand on dépasse une certaine quantité d'acétone. On observe le même phénomène avec le trioxyméthylène.

Si l'on se reporte aux expériences faites en employant les quantités d'alcalis juste suffisantes pour neutraliser l'acide bromhydrique qui prend naissance dans le développement d'une plaque  $13 \times 18$ , on voit que cette petite quantité d'alcali est suffisante pour permettre le développement de l'image latente en présence d'un excès d'hydroquinone. Par contre, elle devient tout à fait insuffisante si le poids d'hydroquinone correspond exactement à la quantité nécessaire pour former l'acide bromhydrique pouvant prendre naissance dans le développement d'une plaque  $13 \times 18$ .

Dans ce dernier cas, on peut pourtant produire une faible action réductrice en augmentant beaucoup la proportion d'alcali.

En examinant les quantités d'alcali caustique d'une part et carbonaté d'autre part qui pour les divers révélateurs produisent l'action développatrice maxima pour un poids de réducteur déterminé, on voit que ces quantités sont très différentes pour de mêmes proportions de réducteurs ayant des poids moléculaires égaux ou très voisins ; tels que l'hydroquinone, la pyrocatechine, le paramidophénol, la paraphénylène-diamine. Ces quantités d'alcalis diffèrent en outre notablement (sauf avec l'hydroquinone) de celles qui peuvent saturer exactement l'acide bromhydrique formé avec l'hydrogène de ces réducteurs (en supposant qu'une molécule de réducteurs fournit  $H^2$ ).

Enfin les expériences précédentes montrent qu'on peut obtenir le même effet réducteur avec des poids équimoléculaires des diverses substances révélatrices, mais en les additionnant de quantités variables d'un même alcali, soit caustique, soit carbonaté. L'ordre dans lequel on peut classer ces réducteurs d'après les quantités croissantes d'alcali caustique nécessaire pour produire le même effet diffère notablement, suivant qu'on utilise les alcalis caustiques ou les alcalis carbonatés ; dans les deux cas pourtant, c'est la métroquinone qui exige le moins d'alcali et la glycine qui en nécessite le plus.

Voici dans quel ordre on peut classer les divers révélateurs d'après la quantité croissante d'alcali caustique qu'ils exigent :

*Métoquinone, métol-hydroquinone, paramidophénol, paraphénylène-diamine, hydrodramine, acide pyrogallique, hydroquinone, pyrocatechine, métol, iconogène, édinol, adurol, glycine.*

En résumé, ces divers résultats montrent que les alcalis ou leurs succédanés jouent dans le développement un rôle beaucoup plus complexe que celui qu'on leur attribue habituellement. On ne saurait admettre, en effet, qu'un corps dont le but est uniquement de saturer la faible quantité d'acide bromhydrique qui prend naissance par suite de réduction du bromure d'argent ne puisse être remplacé équimoléculairement par divers saturateurs d'acide bromhydrique. De même, on ne conçoit pas que les révélateurs exigent pour produire le même effet réducteur des quantités aussi variables des divers alcalis et de leurs succédanés ; ces différences s'appliquent même à deux isomères comme l'hydroquinone et la pyrocatechine, ce que les hypothèses récentes n'expliquent pas mieux.

# DÉTERMINATION, AU MOYEN D'UN APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE, du grossissement et du champ des lunettes galiléiques ou astronomiques (1)

PAR. M. E. HAUDIÉ

I. — Lorsqu'on ne dispose pas d'un théodolite ou d'une lunette micrométrique permettant d'appliquer la méthode de Gauss à la mesure du grossissement, la seule méthode qui existe dans le cas des lunettes galiléiques est celle de la *chambre claire*. Cette méthode ne donne en pratique qu'une mesure grossière et incertaine, car les images à superposer ne sont jamais également distinctes, et il est en outre difficile de s'affranchir de toute lumière diffuse. De plus, elle n'est applicable que si l'observateur possède une vue normale, et elle donne le seul grossissement nominal  $G = \frac{F}{f}$ .

II. — Il est facile de la transformer avantageusement en substituant à l'œil un *appareil photographique*, de manière à constituer avec toute lunette (astronomique ou galiléique) un *téléobjectif*. Il suffit alors que la glace dépolie porte une échelle divisée pour qu'il devienne possible, sans chambre claire, de mesurer *successivement* et dans les mêmes conditions de netteté des deux images à comparer. L'observation ne dépend plus de la vue de la personne. En outre, ce dispositif est le seul qui permette la mesure du grossissement d'une lunette dans des conditions quelconques de mise au point.

Il n'est plus besoin d'une mire spéciale; tout objet éloigné peut convenir. A l'égard du dispositif destiné à assujettir la lunette, la forme importe peu; il convient toutefois d'avoir à sa disposition les déplacements nécessaires pour permettre de réaliser un système total suffisamment centré. L'objectif, sans distorsion, peut être un simple rectilinéaire symétrique. La graduation sur la glace dépolie sera, par exemple, en demi-millimètres, avec une partie centrale, sur une longueur de 2 centimètres, graduée en dixième de millimètre.

III. — L'image réelle, obtenue par interposition de la lunette, se trouve amplifiée par le rapport même du grossissement.

Pour se placer dans les conditions précises du *grossissement nominal*  $G = \frac{F}{f}$ , il faut que la lunette, réglée sur un objet éloigné, soit mise au point à l'infini. Or, si l'appareil photographique a été préalablement réglé aussi sur un objet éloigné, cette mise au point de la lunette se trouve réalisée d'elle-même au moment où,

(1) Méthode présentée à l'Exposition de la Société française de Physique (Pâques 1905); Musée pédagogique.

après avoir agi sur la lunette seule, l'image agrandie du même objet se trouve nette sur la glace dépolie. La lecture de  $a_1 b_1$  et de  $ab$  donne immédiatement

$$G = \frac{F}{f} = \frac{a_1 b_1}{ab}.$$

IV. — La précision absolue des mesures peut, avec une loupe de mise au point, être la même que dans la méthode du dynamètre. Quant à la précision relative, elle devient d'autant plus grande que l'image  $ab$  de l'objet choisi est plus grande par rapport au diamètre du cercle oculaire (1).

V. — L'expérience démontre que, si un œil normal met effectivement au point sans accommoder, il s'en faut toutefois qu'il reposte vraiment l'image à l'infini; dans l'opération précédente, il est en effet toujours nécessaire d'allonger le tirage quand la lunette a été préalablement réglée par une vue normale.

Pour mesurer le grossissement effectif relatif à ces conditions de visée, on conserve la mise au point de la lunette, et on recule la glace dépolie jusqu'à la position qui donne une image nette  $a'_1 b'_1$ . La distance focale de l'objectif étant  $\varphi$  (la mesure de  $\varphi$  est facile pour un rectilinéaire symétrique où les deux points nodaux sont confondus), s'il a fallu reculer la glace de  $\epsilon$ , c'est que

$$G = \frac{2\beta}{2\alpha} = \frac{a'_1 b'_1}{\varphi + \epsilon} : \frac{ab}{\varphi}.$$

On obtient ainsi en particulier le grossissement effectif pour un myope. Mais il convient de remarquer alors que le myope, avec ses besicles, voit les objets sous un diamètre

(1) A ce point de vue, il est avantageux, lorsqu'il s'agit d'un grossissement élevé, de passer par l'intermédiaire d'une image auxiliaire  $a'b'$  moins amplifiée que  $a_1 b_1$ . On a alors

$$G = \frac{a_1 b_1}{a'b'} \times \frac{a'b'}{ab}.$$

Et, dans la détermination du second rapport, on peut remplacer  $a'b'$  et  $ab$  par deux autres éléments homologues  $a'c'ac$ , plus étendus, d'où une précision plus grande. L'image  $a'b'c'$  peut être fournie par une autre lunette de grossissement intermédiaire, ou même simplement par un autre objectif photographique de plus long foyer.

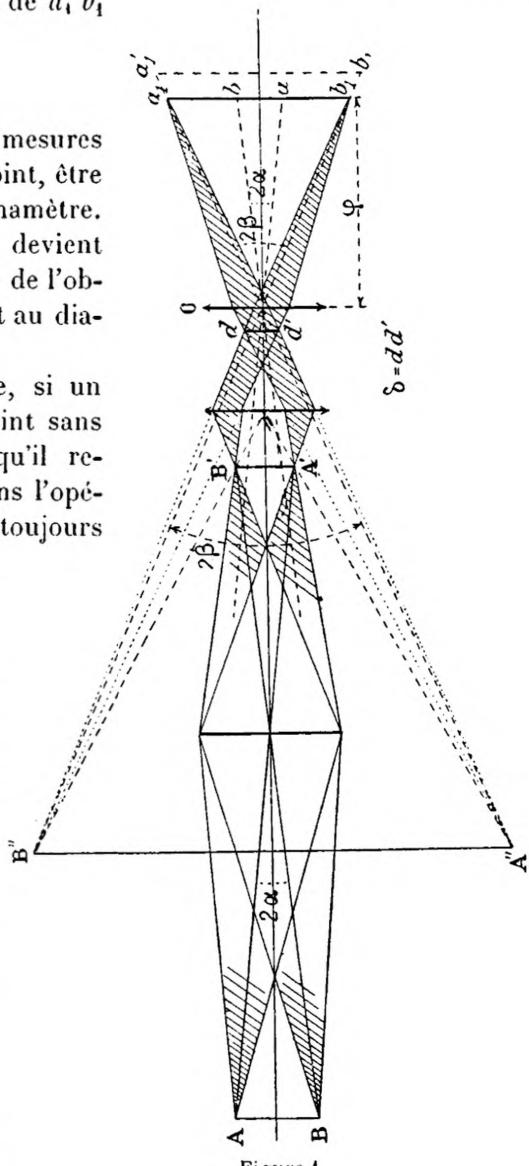


Figure 1.

apparent  $2\alpha'$  sensiblement inférieur à  $2\alpha$ . Il est possible de calculer le grossissement réel  $\frac{2\beta}{2\alpha'}$  en communiquant la même myopie à l'objectif photographique, c'est-à-dire en l'armant, lors de l'observation de  $ab$ , d'un des verres du myope, placé sensiblement à la distance correspondante. Dans l'expression précédente,  $\varphi$  se trouve alors remplacé par une longueur plus grande  $\varphi'$ .

VI. — Bien que le système optique des lunettes ne soit pas achromatisé pour les rayons chimiques, on obtiendra néanmoins, en quelques secondes, un cliché d'une netteté très satisfaisante à l'égard de l'objet visé, à la condition essentielle de se servir d'un écran jaune formant un filtre suffisant, et de prendre de préférence les plaques « orthochromatiques » ou « panchromatiques » du commerce. Afin d'éliminer toute lumière étrangère, on relie l'oculaire de la lunette à l'objectif photographique au moyen d'un morceau de tube de caoutchouc (chambre à air de pneumatique, par exemple).

VII. — L'éclairement de l'image amplifiée  $a_1 b_1$  est donné par l'expression (8) établie d'autre part (1) :

$$E_{a_1 b_1} = e \frac{\pi}{4} \left( \frac{\delta}{\varphi} \right)^2.$$

a. Il ressort immédiatement de là que, pour un objectif photographique et un objet donnés, l'éclairement dépend exclusivement de  $\delta$ , c'est-à-dire  $dd'$ ; il est proportionnel à l'étendue du cercle oculaire (réel ou virtuel). A égalité de cercle oculaire, l'éclairement et le temps de pose demeurent les mêmes, quel que soit le grossissement.

b. L'éclairement est d'autant plus faible, et la pose plus longue, que  $\varphi$  est plus grand. Il convient, pour un cercle oculaire de 3 millimètres par exemple, de ne pas dépasser sensiblement les valeurs de  $\varphi$  qui correspondent au format  $9 \times 12$  (12 à 15 centimètres).

VIII. — Comme, à l'égard des faisceaux utilisés, le véritable diaphragme est le cercle oculaire, il n'y a pas lieu, *a priori*, de diaphragmer l'objectif photographique O.

a. Dans le cas d'une lunette astronomique, la position naturelle à donner à O est celle qui permet de faire correspondre le plan de son diaphragme avec le cercle oculaire transformé par la lentille d'avant de l'objectif. Il est le plus souvent possible de rapprocher O jusqu'à cette position; on la reconnaît à ce que le diaphragme de l'objectif possède alors les propriétés du cercle oculaire; la réduction progressive du diaphragme a pour seul effet d'affaiblir l'éclairement de l'image, sans diminuer le champ. Dans ces conditions, le cercle éclairé représente exactement le champ apparent  $2\beta$  de l'instrument.

S'il n'est pas possible d'atteindre cette position même, on peut cependant être assuré d'avoir encore le champ entier pour les positions un peu plus éloignées, telles qu'on puisse commencer à réduire le diaphragme de l'objectif, sans que le champ commence immédiatement à décroître.

(1) Voir le prochain numéro de la *Revue des sciences photographiques*.

b. Dans le cas d'une lunette galiléique, le champ total, qui comprend alors, comme on sait, une pénombre périphérique, est naturellement variable avec l'ouverture et la distance de l'objectif O. Pour obtenir le champ relatif à des conditions données de vision, il faut assigner à l'objectif une position et une ouverture correspondantes à celles de la pupille.

En ce qui concerne le champ de *pleine lumière*, la connaissance exacte de G permet de le calculer, car au moyen de G on obtient aisément la dimension et la distance du cercle oculaire.

IX. — La détermination numérique simple de G fournit un moyen commode de connaître sensiblement la distance focale  $f$  d'un oculaire composé ou d'un oculaire divergent, puisqu'elle permet de remplacer cette mesure par la mesure correspondante de F, qui est beaucoup plus aisée.

La méthode actuelle permet donc, en même temps, une *détermination rapide* du champ  $2\alpha$  de la lunette, sans avoir besoin d'aucun cercle divisé (1).

(1) Pour obtenir une netteté uniforme sur toute la circonférence de pourtour du champ, il faut que le centrage du système soit très sensiblement réalisé. C'est même là ce qui fournit en pratique le moyen le plus simple pour arriver à centrer.

Les clichés ci-joints ont été obtenus avec un Tessar Krauss dont  $\varphi = 136$  mm. Ajoutons, comme indication relative à la durée de pose, qu'avec cette jumelle à prismes de Krauss, dont le cercle oculaire était de 2 mm. seulement, la pose a été de 45 secondes en prenant une plaque orthochromatique Lumière (émulsion de même rapidité que l'émulsion bleue). L'écran jaune accroissait 15 fois la durée de pose. C'était fin juillet, à 3 h. de l'après-midi, par belle lumière.

## TRAVAUX RÉCENTS DU DOMAINE DE LA PHOTOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

Par Karl SCHAUM (1)

---

Si la photographie scientifique peut être considérée à deux points de vue, soit d'une part l'éclaircissement des principes physico-chimiques sur lesquels reposent les procédés photographiques, et d'autre part le perfectionnement des procédés eux-mêmes et des méthodes photographiques, il ne saurait être mis en doute que les conquêtes faites dans cette dernière partie surpassent considérablement celles de la première. En effet, pendant que nous disposons de ressources d'une étendue extraordinaire et de méthodes d'une exactitude déterminée, qui ont fait de la photographie un auxiliaire indispensable et fort estimé dans presque toutes les branches de l'investigation humaine, des obscurités nombreuses et des divergences fréquentes règnent encore au sujet des principes physico-chimiques qui président aux procédés photographiques. En réalité il en a toujours été ainsi au cours des ardentes recherches faites dans cette science ; cependant dans ces dernières années quelques principes généraux ont été établis, grâce aux progrès de la chimie physique.

Les recherches sur la photographie avaient trouvé un appui précieux dans la fondation des *Archives de la photographie scientifique* (2).

Cette revue rassemblait, pour la plus grande commodité du lecteur, en un répertoire savamment rédigé, abrégé et ordonné, les résultats des recherches éparses dans d'innombrables revues spéciales ; elle attirait les regards sur le domaine de la photographie scientifique et sur les questions annexes, d'une manière fort simple ; et elle a provoqué les recherches les plus importantes qui aient jusqu'à ce jour vu la lumière. Depuis la disparition regrettable de ces *Archives*, les éditeurs de la *Physikalische Zeitschrift* offrent aimablement un asile dans leurs colonnes à la photographie scientifique, qui est loin de posséder ainsi un service aussi profitable, au même titre que les autres branches importantes de la physique pour la collection de ses communications originales et de ses rapports.

Nous allons maintenant tenter de résumer les progrès récents les plus importants du domaine de la physico-chimie photographique.

**Recherches sur les substances photographiques simples, sans substratum.** — L'action de la lumière sur les sels d'argent a été expérimentée sérieusement par

(1) Bien que cet intéressant article date de 1901, nous croyons être utile à nos lecteurs en en publiant une traduction.

(2) Dirigée par le Dr ENGLISCH, de Stuttgart, éditée par Wilhelm Knappe à Halle-sur-S.

SCHOLL (1) et par LUTHER (2), sur des couches obtenues soit par l'ioduration de miroirs d'argent, soit par une lente sédimentation de chlorure ou de bromure d'argent sur des verres dépolis.

LUTHER est parvenu ainsi à prouver que l'action de la lumière sur le chlorure et le bromure d'argent appartient aux processus photochimiques réversibles. Par suite, dans l'obscurité le changement produit par la lumière disparaît.

D'après les expériences de LUTHER, il est en outre très vraisemblable, que l'image apparente, latente, développable après un long éclairement persiste sur les couches sans substratum sous forme d'un sous-haloïde de composition  $\text{Ag}_2\text{X}$  (ou  $\text{Ag}_2\text{X}_2$ ). La réduction de ces combinaisons paraît aussi réalisable (3) et l'application de leurs potentiels halogènes, appliquée strictement par Luther, devra être utilisée là aussi, comme ceux des haloïdes normaux, se montrent nécessaires à l'étude scientifique de la marche du développement, etc. Parmi les autres manières de voir sur la nature des haloïdes d'argent colorés par la lumière, on doit mentionner l'hypothèse de LORENZ (4) qui est basée sur les solutions concentrées d'argent dans les haloïdes d'argent, et aussi l'opinion de LÜPPO-CRAMER (5) qui attribue la coloration uniquement à un changement physique des sels d'argent. Ainsi, sur les haloïdes d'argent colorés par la lumière ont été émises les mêmes hypothèses que sur les haloïdes alcalins colorés par les rayons cathodiques (ou par les vapeurs métalliques).

Avec l'iodure d'argent n'a pas encore été démontrée la formation d'un sous-iodure, mais elle n'en est pas moins vraisemblable. Dans tous les cas, outre cette réduction par l'éclairement, il se passe un autre phénomène particulier; les couches d'iodure d'argent s'obscurcissent même par un éclairement plus fort; et, comme le démontrent les recherches de SCHOLL, plus rapidement dans une atmosphère d'oxygène ou d'iode, que dans d'autres milieux.

Une décomposition de l'iode peut n'avoir pas lieu d'après le noircissement; il s'agit plutôt selon Scholl d'un processus de décomposition mécanique, qui serait accéléré catalytiquement par l'oxygène ou par l'iode. De semblables processus de décomposition et de réduction sous l'influence de la lumière ont été étudiés aussi d'une façon certaine pour d'autres combinaisons (6).

**Recherches sur les substances photographiques associées à un substratum.** — La réduction des substances sensibles dans un substratum se produit d'une façon certaine dans le cas où le substratum est additionné de sels halogènes au moyen d'une solution de nitrate d'argent. Les émulsions de gélatine sont, après séchage et impression, soumises au processus de développement, qui agit très lentement à froid, beaucoup plus vite à chaud, surtout en présence de l'ammoniaque. La question

(1) SCHOLL, *Wied. Ann.* **68**; 463, 1899; *Arch. für wiss. Photographie*, I, 249, 1899.

(2) LUTHER, *Zeitschrift für physik. chemie*, **30**, 628, 1900; *Arch. für wiss. Phot.*, **2**, 33, 59, 1900; dans cette revue, I, 343, 1900.

(3) Comparez aussi O. VOGEL, *Phot. Mittheil.*, **36**, 334, 1899; *Arch. für wiss. Phot.*, **2**, 23, 1900.

(4) LORENZ, *Zeitschrift für Elektrochemie*, **7**, 280, 1900.

(5) LÜPPO-CRAMER, *Phot. Korr.*, p. 23.

(6) Comparez EDER, *Handbuch der Photographie*, I (2), 456, 1891.

est loin d'être résolue et comporte encore de nombreuses objections, de connaître les causes des différences entre les plaques non exposées et les autres, et les causes de l'extraordinaire sensibilité des plaques insolées. Les observations et expériences suivantes ont essayé de l'éclaircir (1).

I. — Dans l'expérience des plaques tirées, un considérable agrandissement du grain de bromure d'argent, qui était auparavant très fin, amorphe, est parfaitement constaté ; les particules plus grosses et plus lourdes croissent au détriment des plus petites.

La quantité de lumière absorbée augmente avec l'accroissement du grain et détermine une gradation parallèle de la sensibilité à la lumière ; cette grande sensibilité ne dépend cependant pas uniquement de ce phénomène, puisque des couches fortement absorbantes, par exemple des couches privées d'agglutinant, possèdent néanmoins une faible sensibilité.

II. — La gélatine est apte à agir comme sensibilisateur chimique, dans son union avec l'halogène, quand ce dernier est libéré par l'éclairement, avec diminution du potentiel. De ces considérations, il résulte qu'on peut admettre des sensibilités différentes avec d'égales grosseurs de grains, mais avec des agglutinants différents, et par contre une même sensibilité avec des grosseurs de grains différentes et un même agglutinant.

III. — Dans les expériences sur les plaques tirées (de même qu'avec les couches préparées), il peut exister une très faible réduction du bromure d'argent par la gélatine, dont le résultat final doit renforcer légèrement la réduction finale déterminée par l'éclairement (2). Dans ce cas aussi, d'autres sels d'argent, par exemple le nitrate d'argent, sont réduits par la gélatine en argent (colloïdal) ; et dans les émulsions de bromure d'argent arrive facilement un excès de réduction, qui se montre sous la forme d'un voile pendant le développement ; aussi l'hypothèse d'un faible pouvoir réducteur de la gélatine offre-t-elle quelque vraisemblance. Sans doute l'observation paraît s'y opposer, que les émulsions riches en gélatine sont plus lentes que les pauvres ; ainsi, d'après mes recherches, la sensibilité d'une plaque ne paraît pas essentiellement détériorée par son traitement au persulfate d'ammoniaque acide, tandis qu'elle est détruite rapidement, avec réduction excessive par l'élévation de la température vers 80°.

Difficile à expliquer est l'indication de Lobry de BRUYER (3), que le bromure d'argent associé à la silice gélatineuse doit être plus sensible que l'émulsion fraîche de gélatine ; car avec la silice acide comme agglutinant, on ne peut obtenir la sensibilisation chimique pas plus que la maturité chimique.

L'hypothèse commune (4) de modifications variables dans la sensibilité du bro-

(1) Voyez à ce sujet le chapitre le concernant dans le traité d'EDER, et aussi les plus récents travaux d'ABEGG, LUTHER, et autres.

(2) ABEGG, *Archiv für wiss. Phot.*, I, 13, 144, 1899 ; — LUTHER, *Chemische vorgänge in der Photographie*, page 48 et suivantes, 1899, Halle-a-S. (Knapp).

(3) LOBRY DE BRUYER, *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique*, 19, 236, 1900.

(4) Cf. par exemple LÜPPO-CRAMER, *Phot. Corr.* 1901, p. 41.

mure d'argent dans les plaques et dans les divers stades de leur maturité n'est pas soutenable, puisqu'il s'agit de bromure d'argent amorphe. De même on pourrait incorporer dans des masses différentes des substances inconnues et nouvelles ; mais en tout cas on doit observer que le procédé de maturation, agissant volontairement, n'amènerait que des modifications peu sensibles, si l'on considère surtout qu'à l'accroissement du grain est associée une diminution de la capacité de réaction, qui se trouve largement compensée par l'augmentation de l'absorption de lumière.

Le pouvoir que possède la lumière de traverser la couche sensible a été étudié par GAEDICKE (1) ; il a trouvé la transparence (c'est-à-dire le rapport de la quantité de lumière qui traverse la couche à la quantité de lumière incidente) égale à 5/18 pour la couche d'une filure. ABNEY (2) trouva quelques autres nombres, en recherchant la transparence spectrale en même temps, et trouva cette transparence la plus grande pour le bleu, la plus faible pour le vert. Les deux chercheurs sont d'accord pour reconnaître que la sensibilité dépend de l'épaisseur de la couche, de la grosseur du gravier, et du rapport de la quantité du bromure d'argent à la quantité de gélatine.

La nature de l'image latente dans les couches avec agglutinant a été dans ces derniers temps l'objet de discussions extrêmement vives ; les trois théories principales qui aient été soutenues sont les suivantes :

I. La théorie 'sous-haloïde qui a été proposée avant les publications d'EDER (3) admet une réduction du bromure d'argent par la lumière en sous-bromure, la même formation de substance latente pour les couches à agglutinants, que LUTHER a récemment démontrée pour les couches libres d'agglutinants.

II. — La théorie de l'argent naissant d'ABEGG (4) qui avait été présentée avant la communication des recherches de LUTHER pour remplacer la théorie sous-haloïde, vraiment trop hypothétique, offre un peu de vraisemblance à cause de la légère puissance que possèdent les substances organiques de réduire à l'état d'argent naissant les sels d'argent.

III. — La théorie de structure, particulièrement défendue par BREDIG (5), ENGLISCH (6), et LÜPPO-CRAMER (7), admet uniquement une modification physique du bromure d'argent. La nature de la modification physique devra être définie plus loin, car on ne doit pas placer des mots là où les idées manquent. Il faut en réalité observer que la lumière détermine une combinaison convertible par augmentation de l'énergie libre, et que par suite il se forme un bromure d'argent plus capable de réaction. C'est ainsi que l'on doit considérer : 1<sup>o</sup> une

(1) GAEDICKE, *c. Eders Jahrbuch*, 1900, p. 5.

(2) *Eders Jahrbüch*, 1900, p. 302.

(3) *Eders Handbüch*, 2, 29, 1897 ; comparez *Jahrbüch*, 1900, p. 80.

(4) ABEGG, *Arch. für wis. Photogr.* I, 45, 268, 1899.

(5) BREDIG, *Eders Jahrbüch*, 1899, p. 363 ; — *Arch. für wiss. Photogr.*, I, 40, 1899.

(6) ENGLISCH, *Arch. f. wiss. Phot.*, I, 282, 1899 ; — 2, 233, 1900 ; pour la bibliographie, voir *Arch. für. wiss. Phot.*, 2, 9, 1900 ; et plus loin, 2, 32 et sqq., 1900.

(7) LÜPPO-CRAMER, *Phot. Corr.*, p. 1, 1901.

sorte de pulvérisation, qui a été mise en avant par BREDIG et ENGLISCH ; 2<sup>e</sup> une concentration de l'énergie lumineuse dans le bromure d'argent, analogue à celle qui caractérise les couleurs lumineuses ; et cependant on n'a pas encore expérimenté la phosphorescence et la thermo-luminosité chez les haloïdes d'argent ; aussi cette dernière théorie ne paraît guère vraisemblable.

Opérer un choix entre ces trois hypothèses est chose très délicate, surtout à cause de l'extrêmement petite quantité de bromure d'argent transformé par un long éclairement. Contre la théorie de structure existent à mon avis certains arguments, comme le pouvoir de destruction de l'image latente par l'acide nitrique, la possibilité du développement de l'image avec un développeur aux sels d'argent après un premier fixage ; la théorie n'a aucune valeur au point de vue chimique, si le bromure d'argent décomposé (ou attaqué de quelque façon) par l'éclairement est soluble dans l'acide nitrique, et réagit d'autre part, comme le bromure non insolé, avec le thiosulfate. Contre la théorie de l'argent naissant, se présente ce phénomène que l'image latente se détruit avec une extrême lenteur par l'acide nitrique ; si une partie de l'argent est dissoute, il en reste une autre qui résiste certainement ; la théorie de l'argent naissant, qui est de compréhension difficile, possède au moins le mérite d'avoir provoqué des discussions très vives et un grand nombre d'expériences très sérieuses. En résumé l'hypothèse la plus simple paraît être celle qui considère la substance de l'image latente comme formée au moins en grande partie avec un sous-haloïde.

(A suivre).

(Traduit de *Physikalische Zeitschrift*, 2<sup>e</sup> année, n° 36, 8 juin 1901.

---

## APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE & DE LA RADIOPHOTOGRAPHIE AUX DIVERSES SCIENCES

Par Albert NODON

*docteur ès-sciences*

### APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE AUX SCIENCES PHYSIQUES

La photographie est d'un grand secours dans l'étude des phénomènes physico-chimiques, par suite de la précision des documents qu'elle fournit, ainsi que la rapidité avec laquelle on peut les obtenir.

La photographie permet en outre de suppléer, dans une large mesure, à l'imperfection de nos sens, en nous fournissant un moyen simple d'étudier des phénomènes physiques correspondant à des longueurs d'ondes différentes de celles que l'œil peut percevoir.

Enfin les documents qu'elle fournit peuvent être rendus inaltérables, et ils peuvent être reproduits facilement à un nombre indéfini d'exemplaires. La *micro-photographie* permet de faire une étude approfondie de la structure intime de la matière. Les constructeurs sont parvenus, dans ces derniers temps, à des grossissements micrographiques vraiment surprenants.

Par exemple, le dispositif de M. CARL ZEISS, le célèbre opticien d'Iéna, permet de réaliser la micro-photographie des régions invisibles à l'œil, en lumière *ultra-violette*.

Le grand avantage des petites longueurs d'ondes, correspondant aux radiations ultra-violettes, réside dans le pouvoir résolvant des objectifs, qui devient double avec une longueur d'onde de  $0,275\text{\AA}$  en lumière ultra-violette qu'avec les longueurs d'ondes habituellement employées. On constate, en outre, des différences de transparence considérables dans les préparations organiques photographiées en lumière ultra-violette, tandis que les mêmes préparations paraissent le plus souvent incolores en lumière ordinaire.

Ces petites longueurs d'onde nécessitent l'emploi d'une optique spéciale en quartz fondu et en cristal de roche taillé.

La lumière ultra-violette servant à l'éclairage des préparations est obtenue à l'aide d'une bouteille de Leyde donnant une étincelle entre 2 fils de cadmium ou de magnésium.

A l'aide d'un dispositif spécial comportant un éclairage intensif au travers d'une fente étroite de façon à former des franges de diffraction, Carl Zeiss est parvenu à obtenir des grossissements de 400 diamètres environ, permettant de photographier des objets dont les dimensions sont de l'ordre de  $0,05\text{\AA}$ , c'est-à-dire de l'ordre des dimensions moléculaires.

D'après les premiers résultats obtenus dans ce sens, on peut admettre que demain, nous disposerons de moyens suffisants pour aller scruter la nature intime de la matière en étudiant ses atomes et ses molécules elles-mêmes.

L'atome et la molécule qui nous semblaient encore hier une conception purement concrète et pour ainsi dire schématique, sont donc sur le point d'être dévoilés à nos yeux; et nous savons depuis bien peu de temps que la molécule qui est de l'ordre de grandeur de  $10^{-7}$  est un monde énorme comparé à l'élection dont elle se compose, et dont les dimensions sont de l'ordre de  $10^{-13}$  en diamètre.

Grâce aux puissants grossissements dont nous disposons, la photomicrographie appliquée à l'étude des surfaces métalliques polies avec soin, a donné naissance à la métallographie permettant de faire une étude très complète des métaux employés dans l'industrie et en particulier du fer, de l'acier et de la fonte.

La métallographie rend déjà de précieux services aux métallurgistes.

La *cinématique* a su profiter de la promptitude avec laquelle on peut impressionner la plaque photographique pour déterminer la vitesse des projectiles et la forme de la veine gazeuse qui est entraînée par les projectiles en mouvement.

On a pu observer par cette méthode que les projectiles entraînaient avec eux, dans leur mouvement de translation et de rotation rapides, une véritable gaïne gazeuse adhérente à leur surface, et dont la densité est fonction de la compression, c'est-à-dire plus forte à l'avant qu'à l'arrière du projectile.

La photographie fournit à l'artilleur des documents précieux sur les qualités balistiques des canons, des projectiles et des explosifs.

Certains *mouvements mécaniques* sont animés de vitesses beaucoup trop considérables pour être directement perceptibles à nos sens. Mais en éclairant les mobiles animés à l'aide d'une source lumineuse puissante et instantanée, l'on parvient à impressionner la plaque photographique et à fixer la position du mobile à des instants déterminés. Cette méthode permet de rendre des services pour déterminer la position relative des organes d'un mécanisme pendant diverses périodes de son fonctionnement.

La même méthode photographique a permis de faire une étude intéressante des gouttes d'eau constituant la pluie ou d'une veine liquide.

L'étude des *états électriques variables* d'un corps peut être faite à l'aide d'un électromètre, tel qu'un électromètre capillaire ou un électromètre à quadrants. La photographie permet d'enregistrer les positions variables de la colonne de mercure ou du miroir oscillant, en même temps que l'enregistrement du temps en fractions de secondes à l'aide de bandes sensibles pelliculaires.

Les graphiques ainsi relevés par la lumière elle-même ne sont pas sujets à caution, et ils constituent des documents authentiques des plus précieux pour l'étude physique de certains phénomènes.

La *méthode stroboscopique* est réalisée à l'aide de deux ou plusieurs diapasons portant de petits miroirs fixés à l'extrémité de l'une de leurs branches. Ces diapasons, disposés suivant certaines incidences relatives, permettent à un rayon lumineux de se réfléchir plusieurs fois sur les miroirs oscillants avant d'être projetés sur un écran ou une plaque sensible.

Les mouvements propres au rayon lumineux se trouvent pour ainsi dire ana-

lysés graphiquement par cette méthode, et les nouveaux mouvements résultants sont accusés par des graphiques permettant de faire une étude complète des mouvements vibratoires primitifs.

Les affinités dans les réactions chimiques sont susceptibles d'être influencées par les vibrations lumineuses et les modifications permanentes qui se manifestent alors dans la composition de la matière, permettent d'enregistrer pour ainsi dire, sur le vif, la nature et le degré d'influence de l'action photochimique. C'est précisément sur ce principe qu'est basée la photographie elle-même.

On peut ainsi explorer l'action de la lumière depuis les grandes longueurs d'onde situées un peu en deçà du rouge jusqu'aux petites longueurs d'onde correspondant aux vibrations ultra-violettes.

On analyse les ondes plus courtes encore qui sont fournies par les *rayons N* et les *rayons X*.

La photographie constitue alors l'un des moyens d'analyse les plus précieux dont on dispose pour étudier les petites longueurs d'onde inaccessibles à nos sens, qui correspondent aux formes nouvelles de l'énergie qu'on étudie depuis peu de temps, telles que les rayons N, les rayons X, en attendant les autres.

C'est par l'étude raisonnée des modifications physiques, introduites au sein des supports sensibles à la lumière, sous l'action des diverses longueurs d'onde du spectre, que M. LIPPmann a découvert sa méthode interférentielle pour la *reproduction photographique des couleurs*.

Nul doute que l'étude plus complète de l'action des variations spectrales sur les pigments colorés, au sein de milieux sensibles, n'amène la découverte prochaine de la photographie en couleurs sur papier ou supports flexibles, analogues à la peinture.

Les diverses sciences trouveront, du reste, un précieux secours dans la reproduction photographique des couleurs. La biologie, l'archéologie, la géographie et l'histoire en tireront principalement un grand profit.

L'*astronomie*, cette admirable science qui résume en elle-même toutes les autres sciences, trouve également un aide puissant dans la photographie. Les merveilleux clichés lunaires obtenus par MM. Lœwy et PUISEUX à l'Observatoire de Paris à l'aide du grand équatorial coudé, sont une confirmation de l'excellence de la méthode photographique appliquée à l'étude des astres.

L'examen minutieux des clichés lunaires ainsi obtenus à diverses époques permet de découvrir des modifications dans le relief de notre satellite qui indiquent un restant de vie géologique sur ce monde que l'on croyait mort.

L'objectif photographique possède une puissance de pénétration bien supérieure à celle de l'œil humain et peut fouiller dans les profondeurs des espaces célestes et y découvrir des milliers d'étoiles ou de planètes dont l'œil ne saurait même pas soupçonner la présence !

C'est à la photographie que l'*astronomie* est redevable de la découverte de nombreuses comètes, ainsi que de petites planètes, dont le nombre s'accroît tous les jours. La précision, la rapidité et la puissance de pénétration de la méthode photographique, ont réuni les suffrages des astronomes de tous les pays et les ont décidés à lui confier désormais le soin de fixer la carte du ciel.

Le firmament a été divisé par tranches entre divers observateurs répartis sur toute la surface du globe, et nous posséderons, dans quelques années, un catalogue photographique authentique de toutes les étoiles, planètes et satellites, qui pourra servir de point de repère pour les études astronomiques à venir.

Le chaos d'étoiles qui encombre l'espace est animé d'un véritable grouillement perpétuel, si l'on peut s'exprimer ainsi, et chacun des grains de cette poussière cosmique se meut suivant une direction particulière et parfaitement déterminée, avec une vitesse souvent vertigineuse que les cartes du ciel enregistreront désormais avec soin !

L'œil armé d'un microscope, pourra désormais étudier sur les clichés de la carte du ciel les déplacements relatifs des planètes et des étoiles et à l'aide de mesures précises, il lui sera permis de déterminer la déviation des trajectoires et les vitesses de déplacement.

La photographie prend aujourd'hui une importance telle en astronomie, que tout adepte de cette science doit être nécessairement doublé d'un habile photographe.

*L'analyse spectrale* qui n'est, en réalité, qu'un moyen d'étude détaillé des diverses vibrations lumineuses du spectre, constitue actuellement le pivot de l'astro-physique. C'est à l'aide de cette méthode d'analyse physique, qu'il nous est permis de scruter le plus complètement la constitution moléculaire des gaz et des vapeurs à diverses températures et à des pressions différentes.

La photographie qui nous donne des images détaillées et précises des spectres gazeux, nous permet d'effectuer l'étude de la composition chimique de l'atmosphère qui entoure les astres et les planètes, avec une précision au moins égale à celle que pourrait atteindre le chimiste dans son laboratoire.

Nous savons aussi que toutes les substances simples que nous connaissons sur la terre peuplent également l'atmosphère des étoiles et des nébuleuses.

L'hélium, ce gaz essentiellement simple et permanent, auquel semble aboutir toute dissociation simple par voie de radio-activité, était connu depuis de longues années, grâce à l'analyse spectrale de la couronne solaire. C'est sur le soleil que l'analyse spectrale a pu, en réalité, découvrir l'hélium avant de le retrouver sur la terre.

Les plaques photographiques enregistrent sans cesse des raies spectrales ne correspondant pas avec celles d'éléments encore connus sur notre globe, que les découvertes de demain nous feront peut-être connaître !

La vitesse de déplacement des astres est accusée aussi sur la plaque photographique par un déplacement correspondant des raies spectrales. L'étude de ces déplacements permet de déterminer la déviation de la trajectoire suivie par l'astre ainsi que sa vitesse.

C'est par l'emploi de cette merveilleuse méthode qu'on a pu découvrir des étoiles doubles et déterminer ensuite la vitesse relative de rotation des deux astres l'un autour de l'autre, ainsi que le sens de la rotation, alors que l'œil, armé des plus puissantes lunettes, ne parvenait même pas à distinguer ces mondes perdus dans l'Espace !

Parmi les étoiles innombrables de la région du Ciel qu'il nous est permis d'ob-

server, notre Soleil présente pour nous un intérêt tout particulier, car c'est de cette étoile voisine que découle toute source d'énergie et de vie sur la terre !

Entre toutes, l'étude spectrale de la couronne de protubérance et de la surface solaire offre une importance capitale !

Il était utile de pouvoir réaliser une étude photographique suivie du soleil en lumière monochromatique, afin de rechercher les causes encore inconnues qui président aux grands mouvements de l'atmosphère et de la masse du Soleil.

Grâce à l'analyse spectrale et par l'emploi de deux petits miroirs oscillants, nous sommes parvenus à réaliser l'étude des sources luminescentes en lumières monochromatiques, et en particulier du Soleil.

Cet instrument, réalisé par M. PELLIN, constructeur à Paris, permet d'obtenir facilement de grandes images du soleil en lumière monochromatique. Il a été présenté à l'Académie des Sciences par M. DESLANDRES dans la séance du 4 décembre 1905 et son application paraît destinée à être d'un secours utile dans l'astro-physique.

Le *cinématographe*, ce merveilleux instrument permettant de donner par la photographie l'impression du mouvement et de la vie, peut servir avec fruit pour la démonstration des mouvements stellaires.

En prenant à des espaces déterminés, suffisamment éloignés, une série d'images photographiques de la lune, d'une planète ou d'une comète par exemple, puis en faisant défiler rapidement ces images sur un écran de projection, on parvient à démontrer d'une façon saisissante les divers mouvements relatifs de ces mondes voisins du nôtre.

Les phénomènes de *diffraction* qui ont été, pour ainsi dire, la pierre de touche de la théorie vibratoire de la lumière, peuvent être décelés et étudiés minutieusement à l'aide de la photographie. Par cette méthode indirecte l'on parvient à mesurer pour ainsi dire au compas les longueurs d'ondes des diverses vibrations luminescentes et même celles que l'œil ne peut percevoir dans l'ultra-violet !

Jusqu'à ce jour aucune méthode n'a pu permettre de transcrire photographiquement les *vibrations calorifiques*. La découverte de substances chimiques qui seraient nuisibles à ces vibrations de grande longueur d'onde, ou *thermographiques*, permettrait de jeter un jour nouveau sur cette période vibratoire de l'énergie qu'on appelle la chaleur, dont l'étude est bien moins connue que celle de la lumière !

Cependant les vibrations plus lentes encore que celles de la période calorifique, celles de la *période électrique*, se confondent déjà avec les vibrations les plus lentes de la chaleur, et elles possèdent sur ces dernières l'avantage de pouvoir impressionner les plaques photographiques ordinaires. Grâce à cette heureuse propriété des radiations électriques, nous parviendrons à mettre directement en évidence des phénomènes qui eussent probablement échappé à nos sens.

C'est par la méthode photographique que nous déterminons déjà les trajectoires des lignes de forces électriques ou magnétiques. C'est encore par elle que nous étudions les décharges électriques, à la surface même des plaques sensibles.

L'étude des décharges de la foudre en temps d'orage peut se faire facilement en laissant l'objectif de la chambre noire découvert pendant toute la durée du phénomène.

Les éclairs forment une série enchevêtrée d'images photographiques, que l'on peut ensuite étudier à loisir.

La combinaison des actions électriques et lumineuses sur la plaque photographique permettra sans doute de réaliser la transmission des images monochromes, ou même colorées à l'aide d'un conducteur électrique.

Ce sera probablement l'une des nouvelles surprises que nous réserve la photographie de demain.

Depuis la découverte récente des rayons cathodiques, des rayons X, des rayons N et des substances radio-actives, on doit reconnaître que la science a fait un pas de géant dans l'étude intime de la matière et de l'énergie qui l'anime.

La théorie des électrons et des ions, née d'hier, et déjà si féconde dans ses résultats, doit une partie de son existence à la photographie !

M. BECQUEREL a découvert la radio-activité par la photographie, et c'est encore par elle qu'il a pu déterminer les trajectoires différentes que tracent les rayons cathodiques  $\beta$  les rayons anodiques  $\alpha$  et les rayons X,  $\gamma$ ... qui sont émis par les substances radio-actives.

On a pu également étudier photographiquement l'action d'un champ magnétique sur les trajectoires des rayons cathodiques et anodiques et en déduire la vitesse de translation des électrons correspondants.

**Météorologie.** — La photographie est susceptible de rendre de précieux services dans la science météorologique.

L'inscription photographique est journallement employée dans les appareils enregistreurs tels que, baromètres, thermomètres, hygromètres, magnétomètres, sismographes, etc. L'inscription photographique donne un plus grand degré de précision aux observations que l'inscription graphique sur des tambours rotatifs, car elle permet de supprimer toute résistance passive de la part de l'équipage mobile, et elle réduit la masse de ce mobile à un simple petit miroir.

## APPLICATION DE LA PHOTOGRAPHIE AUX SCIENCES BIOLOGIQUES

La photographie permet, à l'aide d'instruments appropriés, d'aller sonder les mystères inconnus des profondeurs de l'Océan.

L'emploi d'un petit appareil parfaitement clos, muni d'un déclenchement électrique, et d'une lampe électrique à incandescence, ou même d'un arc voltaïque en vase clos, permettent d'obtenir ce résultat.

Le prince de Monaco a pu, en particulier, commencer, à l'aide d'un dispositif semblable, l'étude de la faune et de la flore qui habitent le fond des mers.

La contexture intime des tissus animaux et même des cellules animées, se révèle à nos yeux par la microphotographie. Nous avons vu précédemment que l'emploi de rayons ultra-violets était susceptible de rendre service dans cette étude. La rapidité avec laquelle peut s'impressionner l'émulsion photographique permet de saisir sur le vif les mouvements des êtres animés et de leur organisme.

En utilisant un mécanisme analogue à celui du cinématographe, on parvient à

fixer le mouvement des êtres animés dans une série de positions successives, qui permettent de reconstituer le mouvement primitif par voie de projection.

C'est par cette méthode que M. MAREY est parvenu à analyser le vol des oiseaux et des insectes. On observa ensuite avec une véritable surprise les positions insoupçonnées qu'occupe dans l'espace, l'homme ou les animaux, pendant le saut ou pendant la course, et les peintres savent tirer un réel profit de ces résultats.

Le cinématographe est l'un de nos plus précieux instruments d'enseignement par l'aspect. Lorsque la science sera parvenue à adjoindre la sensation du relief et de la couleur, à celle du mouvement, le cinématographe donnera réellement l'impression saisissante de la réalité et de la vie elle-même. La photographie nous a permis de fixer d'une façon durable l'image des principales espèces animales et végétales de l'ère moderne. Ces documents seront d'un grand intérêt pour nos descendants, qui pourront reconstituer avec précision l'histoire d'un monde disparu.

L'origine des divers types de la race humaine peut être dégagée au moyen d'un artifice photographique, en superposant un grand nombre de photographies d'individus appartenant à une même race. Par une sorte de sélection des caractères dominants de la race, la physionomie de cette race se dégage clairement.

Les *sciences médicales et chirurgicales* tirent le plus précieux secours de la photographie par la reproduction détaillée des préparations anatomiques et des diverses affections organiques. La *Microbiologie* lui est redévable de son développement rapide.

La *science juridique* elle-même a pu tirer un parti précieux de la photographie en permettant de conserver dans ses archives la reproduction de la physionomie des criminels, ainsi que celle de documents et de pièces authentiques. La *géologie* a pu, par elle, sonder les mystères de grottes profondes et parfois même inaccessibles à l'homme.

La *configuration* et le profil des couches géologiques peuvent être étudiés et comparés dans des régions différentes, à l'aide de reproductions photographiques.

La *cristallographie* est facilitée dans son étude par la représentation photographique des principales espèces de minéraux, dans laquelle le relief stéréoscopique vient encore ajouter à la réalité de la représentation.

Le *psychisme* lui-même cherche à réclamer de la photographie des documents irrécusables, qui lui assurent ses lettres de créance dans le monde savant.

Mais jusqu'à ce jour, les méthodes employées en vue de ce résultat n'ont pas paru présenter un degré de rigueur scientifique suffisant pour permettre d'en tirer encore des conclusions sérieuses.

Il existe très probablement des périodes de l'énergie correspondant à des vibrations de l'éther ultra-rapides, qui ont peut-être des rapports voisins avec les manifestations de l'énergie psychique, et où l'impression photographique pourra fournir de précieux renseignements. Nous pressentons l'annonce de quelque grande découverte scientifique de ce côté, mais pour l'instant, l'absence de documents précis et indiscutables nous oblige à nous tenir, à ce sujet, sur la plus prudente réserve.

**Archéologie.** — L'archéologie, qui s'attache à la science et à l'art, est grandement reconnaissante à DAGUERRE de sa lumineuse découverte.

La représentation précise et détaillée des monuments historiques et préhistoriques a permis de faire un classement d'ensemble de ces monuments et de tirer des conclusions de leur rapprochement, d'approfondir, de perfectionner pour ainsi dire l'archéologie, en un mot de créer cette nouvelle science qu'est l'archéologie moderne ! A l'heure actuelle, des initiatives privées s'efforcent de développer le goût artistique et scientifique de l'amateur photographe, pour l'étude des monuments situés dans les régions qu'ils habitent. Le but que l'on se propose d'atteindre est la reconstitution complète et fidèle de la France archéologique et monumentale.

La reproduction stéréoscopique des monuments est particulièrement à recommander pour ces sortes d'études.

**Sciences historiques.** — L'histoire des temps modernes présentera aux yeux de nos descendants un caractère de réalité et de précision que nous ne possédons malheureusement pas pour les temps passés.

Ce sera l'une des gloires de la photographie d'avoir ainsi laissé son sceau indélébile dans les sciences historiques ! Les documents innombrables qui s'accumulent chaque jour, d'une façon pour ainsi dire inconsciente, sur tous les faits vécus, et sur les événements marquants, constitueront pour les siècles à venir un trésor inestimable, qui permettra de faire la reconstitution réelle et vécue de l'histoire moderne.

Les épreuves photographiques durables pourront seules, cependant, affronter la destruction des siècles. Aussi devrions-nous songer sérieusement à atteindre l'inaltérabilité absolue des représentations photographiques qui sont destinées à nous faire connaître à nos descendants.

L'on doit préconiser dans ce but la photogravure sur du papier inaltérable et de premier choix, ainsi que la photographie sur émail.

**Sciences géographiques.** — Lorsque nous quittons la surface du sol, par une atmosphère limpide, pour nous éléver en ballon, nous découvrons bientôt un panorama admirable, qui nous donne l'impression d'une carte géographique en relief. La photographie nous permet de fixer ces cartes géographiques authentiques et plus tard l'œil armé d'une loupe pourra rechercher à loisir mille détails sur les clichés. La photogravure reproduira ces relevés, elle les reliera à d'autres voisins, et l'on reconstituera ainsi, la géographie précise d'une région tout entière.

Le travail que fait aujourd'hui l'astronomie pour le relevé photographique de la géographie céleste, sera un jour entrepris pour la géographie terrestre.

La méthode photographique est en elle-même d'autant plus précieuse, qu'elle permet de découvrir, à des altitudes élevées, les roches profondes de la mer, et qu'elle établit la topographie sous-marine des côtes d'un pays avec une précision et une rapidité remarquables.

Le colonel Laussedat a donné un grand développement aux méthodes photographiques pour obtenir des relevés topographiques. La méthode stéréoscopique permet elle-même d'obtenir des renseignements précieux pour ces relevés.

**La photographie dans l'enseignement des sciences.** — Nous venons d'exposer rapidement les principales applications que la photographie est susceptible de recevoir dans l'étude et le développement des diverses sciences.

Nous pouvons ajouter que l'enseignement même de ces sciences tire un merveilleux parti de la photographie, soit par l'observation directe des prototypes, soit par la stéréoscopie, soit enfin par les projections lumineuses et cinématographiques.

La génération actuelle est redévable à la photographie des connaissances variées et précises qu'elle arrive acquérir avec le minimum d'effort intellectuel.

### APPLICATIONS DE LA RADIOPHOTOGRAPHIE AUX SCIENCES

Les rayons X ou de Röntgen consistent en des vibrations extrêmement rapides de l'éther provoquées par des chocs violents des électrons en mouvement contre les molécules.

L'intensité des rayons X atteint son maximum, lorsque la production du phénomène précédent a lieu dans un gaz très raréfié, tel que celui des ampoules de Crookes. La propriété que possèdent les rayons X de traverser facilement certains corps opaques à la lumière, et d'être arrêtés par d'autres corps tels que les métaux, a permis de créer une science nouvelle appelée *radiographie*, qui permet d'étudier la structure des corps dans leur épaisseur même.

La chirurgie a été la première science qui ait su tirer parti de la radiographie.

La possibilité qu'elle donne de photographier les masses osseuses des corps à l'exclusion des masses musculaires plus transparentes aux rayons X, permet d'étudier facilement l'état du squelette humain, ainsi que ses déviations et ses fractures. L'introduction de corps étrangers généralement de nature métallique dans les masses musculaires, est décelée par la radiographie, qui permet d'en faciliter l'extraction en précisant la position du corps étranger.

A l'aide de méthodes permettant de radiographier un corps étranger au sein même du corps, suivant trois directions géométriquement déterminées, l'on arrive à relever, par un simple travail d'épure, le lieu précis de l'espace qu'occupe le corps étranger invisible au sein du corps. Par l'application de rayons X doués de pénétrations plus ou moins grandes, on parvient à radiographier à volonté des masses musculaires ou des organes internes, dont l'observation est précieuse pour la médecine.

Nul doute que cette branche féconde de la photographie des corps opaques par des radiations extrêmement rapides, ne soit destinée, dans l'avenir, à recevoir d'importants perfectionnements.

En résumé, nous venons de nous rendre compte, par cet exposé sommaire, que la précieuse propriété que possède la plaque photographique d'enregistrer la plupart des vibrations énergétiques est susceptible de rendre les plus grands services aux diverses branches de la science. La photographie permet, en effet, non seulement de fixer, de graver, l'action des vibrations lumineuses, directement tangibles à nos sens, mais elle est encore susceptible de fixer mille autres phénomènes produits par les vibrations invisibles qui échappent directement à nos sens, et qu'il nous serait, sinon impossible, du moins très difficile de découvrir et d'étudier sans le secours précieux de la photographie.

Albert Nodon.

*(Docteur ès Sciences).*

*(Communication au Congrès des Sociétés savantes, 1906).*

## SOCIÉTÉS SAVANTES

### *Sur les écrans photographiques.*

Le but de cette note est de montrer tout le parti que l'on peut tirer de l'emploi judicieux de certains colorants pour la fabrication des écrans photographiques.

Soient  $L$  et  $I$  les luminosités d'une même radiation avant et après l'interposition d'un écran sur le trajet d'un faisceau de lumière dispersée. Le rapport de  $L$  à  $I > 1$ , présente une plus petite valeur,  $K$ , soit pour quelques radiations isolées, soit pour un ou plusieurs intervalles, *domaine de transparence* dans lequel les valeurs relatives des luminosités sont conservées.  $K$  est le coefficient de luminosité de l'écran. Dans le domaine d'absorption, le rapport de  $L$  à  $I$ , est égal à  $KA$ ;  $A > 1$ , est par définition le coefficient d'absorption.

Négligeons les réflexions et absorptions légères par les verres des glaces ; concevons la couche colorée comme découpée, parallèlement aux faces, en un nombre  $p$  d'écrans partiel et identiques, avec même définition symbolique  $K(A_1A_2\dots A_r)$ , si l'on suppose (ce qui est parfaitement réalisable) une répartition homogène du colorant.

L'écran total est défini par  $K^p(A_1^pA_2^p\dots A_r^p)$ , où l'exposant entier  $p$  désigne le poids de colorant par centimètre carré, l'unité étant le poids pour la même surface de l'écran partiel. Mais plus généralement, si  $p$ ,  $p$ ,  $p$ , sont des poids quelconques de colorants différents, employés en couches superposées, l'écran résultant est défini par

$$K_1^{p_1}K_2^{p_2}\dots(A_1^{p_1}B_1^{p_2}C_1^{p_3}\dots A_r^{p_r}B_r^{p_2}C_r^{p_3})$$

Si une plaque orthochromatique, définie par  $(S_1S_2S_r)$ , c'est-à-dire ayant des coefficients de sensibilité  $S_1S_2\dots S_r$ , dans un intervalle déterminé du spectre, est utilisée avec un écran  $K(A_1A_2\dots A_r)$ , le résultat est le même que si l'on opérait directement avec une plaque fictive  $(KA_1S_1, KA_2S_2\dots KA_rS_r)$ .

Et alors, pour le domaine de transparence seul, les sensibilités relatives sont conservées. Le coefficient de pose est le coefficient de luminosité de l'écran.

Si l'on appelle plaque *parfaite* celle dont le coefficient général de sensibilité est une fonction de la longueur d'onde  $\lambda$ , choisie d'avance d'après une loi déterminée, on peut dire que la plaque orthochromatique usuelle n'est jamais parfaite. Mais en désignant par  $S$  son coefficient général, qui peut être connu pour une émulsion donnée, la plaque fictive, qui résulte de son emploi avec un écran convenable, est parfaite, pour un intervalle déterminé, si dans tout cet intervalle on a  $\frac{KAS}{\alpha} = \frac{KA_oS_o}{\alpha_o} = \text{const.}$

Et, en choisissant pour  $\frac{S_o}{\alpha_o}$  la plus grande valeur de  $\frac{S}{\alpha}$  dans l'intervalle considéré,  $A_o$  est égal à  $I$  et  $A = \frac{S_o}{\alpha_o} = \frac{\alpha}{S} > I$ .

Ainsi  $A$ , entièrement déterminé, caractérise le coefficient général d'absorption du colorant susceptible d'être utilisé, mais dont l'existence n'est que théorique. Néanmoins, on peut dans la pratique résoudre le problème avec une approximation suffisante. Supposons, en effet qu'il existe des colorants, à domaines d'absorption très

étroits, n'empêtant pas les uns sur les autres, simplement juxtaposés et comprenant, par leur ensemble, toute la région considérée du spectre, sauf une bande, domaine de transparence, correspondant à  $A_0 = I$ . Chaque colorant employé peut être considéré comme ne possédant (en plus de  $K^q$ , coefficient connu de luminosité) qu'un seul coefficient d'absorption,  $\alpha^q$ , provenant de sa bande unique caractérisée par l'indice  $q$ . Le poids  $p$  de matière à utiliser est alors déterminé par la relation  $\alpha^{p_q} = A^q$  et l'écran résultant  $K_1^{p_1} K_2^{p_2} (\alpha^{p_1} \alpha^{p_2})$  répond pratiquement au but proposé.

En réalité, les domaines d'absorption peuvent être moins étroits et empiéter légèrement les uns sur les autres. Cherchons, en effet, à réaliser une plaque fictive de sensibilité comparable à celle de l'œil. Soit une plaque orthochromatique ( $S_1 S_2 S_3 S_4$ ), définie pour quatre radiations  $\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$ , la première dans la région du maximum (jaune verdâtre), la deuxième dans la région du minimum (vert) de la plaque orthochromatique, la troisième dans la région du maximum ordinaire (bleu violet) et enfin, la quatrième, plus loin dans le violet.

De plus, la plaque est supposée ne posséder que des maxima et minima secondaires faibles et négligeables, de sorte que l'allure de la fonction  $S$ , coefficient de sensibilité comparable à celle de l'œil est définie par  $(I, \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4)$ .

Ces coefficients, différents suivant que l'on opère au moyen d'une chambre spectrographique ou par l'intermédiaire d'une échelle de teintes, satisfont aux conditions  $I < \alpha_2 < \alpha_3 < \alpha_4$ . Ordinairement, il y a lieu d'atténuer, pour la plaque orthochromatique usuelle, le jaune, le bleu et le violet par rapport au vert, de sorte que l'on doit avoir :

$$\frac{S_2}{\alpha_2} > \frac{S_1}{I}, \quad \frac{S_2}{\alpha_2} > \frac{S_3}{\alpha_3}, \quad \frac{S_2}{\alpha_2} > \frac{S_4}{\alpha_4}$$

Considérons alors trois écrans partiels,  $K_1^{p_1} (A^q, I, I, I)$ ;  $K_2^{p_2} (I, I, b^q_2, c^q_2)$ ;  $K_3^{p_3} (I, I, b^q_3, c^q_3)$ ; le premier absorbe le jaune et le vert jusqu'à  $\lambda_2$  avec un domaine de transparence de  $\lambda_2$ , au delà de  $\lambda_4$ ; les autres avec même domaine de transparence de  $\lambda_4$  à  $\lambda_2$ , absorbent, le deuxième de  $\lambda_2$ , jusqu'à  $\lambda_4$ , et très au delà, et le troisième, l'ultra-violet et le violet. Il y a lieu de remarquer que de pareils colorants existent. L'écran résultant conduit à une plaque fictive parfaite si les conditions :

$$\alpha^{p_1} = \frac{S_2}{\alpha_2} \cdot \frac{I}{S_1} > I, \quad b^q_2 b^q_3 = \frac{S_2}{\alpha_2} \cdot \frac{\alpha_3}{S_3} > I, \quad c^q_2 c^q_3 = \frac{S_2}{\alpha_2} \cdot \frac{\alpha_4}{S_4} > I$$

déterminent des valeurs positives de  $p$ ,  $q$ ,  $r$ . Il en est toujours ainsi pour  $p$  et pareillement pour  $q$  et  $r$  si  $c_2 = b_3 = I$ , ou bien si  $c_2$  et  $b_3$  sont suffisamment approchés de l'unité.

Le problème est donc résolu et l'importance des colorants à bandes d'absorption étroites est manifeste. Mais l'écran résultant ne convient qu'aux plaques pour lesquelles il a été calculé et, si l'on fait le même calcul pour des plaques d'une autre marque, définies par  $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$ ; le rapport des temps de pose,  $K_1^{p-p_1} K_2^{q-q_1} K_3^{r-r_1} \frac{S_2}{\alpha_2}$  est une constante qui, étant indépendante de  $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ , l'est aussi par suite des réductions équivalentes effectuées de part et d'autre sur les sensibilités. Cette proposition subsiste pour un nombre quelconque de colorants et permet, en pratique, de comparer les valeurs respectives des différentes marques.

## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

---

*Le décèlement photographique des « décharges invisibles » des encres,*  
par le Dr R.-A. REISS et Ch. GERHTER.

M. A. BERTILLON, chef du service de l'identité judiciaire de la préfecture de police de Paris, a le premier signalé le fait qu'en écrivant avec certaines encres et en mettant, après séchage complet de l'écriture, la feuille écrite en contact avec une seconde, on produit sur cette dernière un décalque invisible qui peut être rendu visible par différents moyens. M. BERTILLON indiqua la chaleur comme apte à rendre les décharges invisibles.

Nous avons poursuivi en son temps les intéressantes études de M. BERTILLON, et nous avons donné connaissance de nos résultats à la XI<sup>e</sup> session de l'Union internationale de Photographie tenue à Lausanne en 1903 (1).

Nous résumons brièvement ce que nous avons constaté à ce moment-là.

1. La formation de l'image latente (décharge invisible) dépend surtout de l'encre employée. Le papier servant de support a une importance beaucoup moins marquée.
2. Ce ne sont que les encres à réaction acide qui produisent une décharge invisible.
3. L'image invisible une fois formée n'est plus détruite par l'action de l'air, mais bien par celle de l'eau.
4. La décharge invisible de l'écriture se forme déjà après un laps de temps très court (une heure de contact intime suffit généralement).
5. La « décharge invisible » n'est pas seulement décelée par la chaleur, mais aussi par des procédés photographiques.

Voici la manière d'opérer que nous avions adoptée à cette époque : Le papier suspect de contenir une image latente (nous préférions cette désignation à celle de « décharge invisible ») d'une écriture à l'encre est mis en contact intime avec un papier photographique à noircissement direct. Pour cela, nous nous servions de papiers au chlorure ou au citrate d'argent, tels que le papier « ancre mat » (papier à la celloïdine et à virage au platine) ou le papier au citrate Lumière.

La mise en contact des deux feuilles se fait dans un châssis-presse et à l'obscurité. Les deux feuilles restent ainsi sous pression pendant 6 à 12 heures. On sort alors le papier sensible du châssis-presse et on le laisse noircir complètement à la lumière du jour. L'écriture de l'image latente de la feuille à examiner ressort alors en traits métallisés sur fond sombre. Cette écriture est visible et peut être conservée pendant longtemps telle quelle. On peut également la fixer en trempant le papier dans un bain d'hyposulfite de sodium, mais l'écriture y perd de sa netteté. La meilleure manière de conserver cette écriture, c'est de photographier la métallisation du trait obtenu, en se servant de méthodes spéciales.

Dès lors nous avons repris nos recherches et aujourd'hui nous sommes en possession

(1) *Revue suisse de photographie*, 1903, N° 9 et 10. — R.-A. REISS, *La Photographie judiciaire*, pages 138-146, 1903.

de méthodes bien plus sûres donnant des résultats plus nets. En effet les résultats obtenus par noircissement direct, à la lumière, du papier sensible ayant été en contact avec la feuille contenant la décharge invisible ne sont pas toujours complets. Certains traits, par exemple les pleins, ayant été écrits avec beaucoup d'encre, ressortent fortement, alors que les déliés sont à peine visibles. En outre, il faut toujours chercher un éclairage spécial et oblique pour pouvoir lire l'écriture, fait qui complique aussi singulièrement la prise photographiable.

Tout cela nous incitait à chercher un autre procédé produisant une image où l'écriture fût immédiatement visible et facilement photographiable.

Nous l'avons trouvé dans le développement physique du papier sensible ayant subi le contact de la feuille à décharge invisible.

Pour cela, à la sortie du châssis-presse, on expose le papier pendant un court espace de temps à la lumière, de façon à ce qu'il rouuisse légèrement.

Sans le laver on le soumet alors à l'action d'un révélateur physique, le « Gallios » de MERCIER par exemple. Si le papier utilisé est un papier à la celloïdine du genre de l'ancre mat, sa teinte passe par le rouge, le marbré (noir avec marbrures blanches) au noir sans que l'image de l'écriture ressorte. C'est seulement quand le papier est complètement noir que les traits commencent à sortir avec des reflets métalliques, d'abord verdâtres, ensuite argentés. Il faut éviter de trop pousser le développement, car le fond se métallisera également.

Après le développement, on lave et on fixe dans l'hyposulfite et on procède ensuite au lavage définitif. On aura soin de ne pas toucher la surface mouillée du papier, car elle est devenue très délicate.

Les papiers genre citrate Lumière se comportent autrement, en ce sens que dans le bain révélateur ils deviennent d'abords noirs, sans passer par l'état marbré. Ils donnent du reste des résultats bien moins beaux que les papiers à la celloïdine.

Le papier « Solio » se comporte d'une façon toute spéciale. En le soumettant pendant quinze jours à peu près au contact de la feuille contenant la décharge invisible, l'écriture est déjà légèrement visible en blanc sur fond jaunâtre. En le traitant ensuite avec le révélateur, sans exposition préalable à la lumière, le fond brunit rapidement pendant que l'écriture reste belle et franche.

Le papier citrate « Lumière » donne également de bons résultats, si à la sortie du châssis-presse, sans l'exposer à la lumière, on le soumet pendant quelques secondes aux vapeurs d'ammoniaque (ammoniaque concentrée). Le développement est très rapide et les traits de l'écriture ressortent en blanc sur fond foncé. En exposant le papier trop longtemps aux vapeurs d'ammoniaque l'image est entièrement détruite.

A côté du « Gallios » un révélateur physique qui nous a donné d'excellents résultats, est un révélateur à l'acide pyrogallique composé de la façon suivante : dans 25 cc. d'eau on dissout environ 0,2 gr. d'acide pyrogallique et on y ajoute 3 cc. d'acide acétique glacial.

Ajoutons que les images ainsi produites peuvent être facilement photographiées, surtout celles sur un papier à la celloïdine.

Au cours de nos recherches nous avons trouvé encore une autre méthode, très intéressante, pour le décèlement photographique des décharges invisibles, méthode dont nous ne pouvons donner aujourd'hui que les résultats pratiques; la démonstration théorique fera le sujet d'une communication ultérieure.

Cette méthode est le développement de l'image latente par le phosphore.

Pour cela on place dans une cuvette ou un godet en porcelaine un petit morceau de phosphore blanc qu'on couvre presque entièrement d'eau. Il importe beaucoup

que la surface du morceau de phosphore émergeant de l'eau soit aussi petite que possible, autrement il se dégagerait des vapeurs blanches détruisant l'image.

Sur cette cuvette on place, côté sensible en dedans, le papier photographique ayant été en contact avec la feuille contenant la décharge invisible. On ferme ensuite aussi hermétiquement que possible l'orifice du récipient.

Après très peu de temps on constatera que l'écriture apparaît en traits foncés, pendant que le fond jaunit légèrement. Si les traits ont acquis la force nécessaire on fixe dans l'hyposulfite. Avec les papiers genre citrate Lumière et Solio on obtient ainsi d'excellents résultats. A remarquer que l'image définitive ne montre pas seulement l'écriture mais aussi les particularités de la surface du papier (vergeur, etc.).

Nous ajouterons que l'image une fois amorcée par le procédé au phosphore peut être développée physiquement ensuite. Pour cela nous avons utilisé le révélateur à l'acide pyrogallique mentionné plus haut. Mêmes résultats que ceux cités précédemment : noircissement du fond avec traits blancs d'abord, et métallisation des traits très brillante ensuite. Il faut cependant signaler que ce développement n'est pas facile à exécuter. En effet la surface du papier est devenue extrêmement délicate et n'offre plus aucune résistance au toucher. Il faut donc bien prendre garde qu'elle n'entre pas en contact avec les doigts. Pour l'éviter on prend le papier, après le développement, avec des pinces par un coin et on le dépose dans une cuvette remplie d'eau, où il séjourne 5 minutes en ayant soin que l'eau soit absolument immobile. On sort ensuite la feuille de la cuvette, toujours avec des pinces, et on la suspend pour la fixer préalablement.

Sans vouloir entrer dans plus de détails théoriques pour le moment, nous croyons pouvoir attribuer à l'action ozonifante du phosphore cette propriété curieuse de développer sur des papiers photographiques l'image latente des décharges invisibles, d'autant plus que nous avons obtenu des résultats semblables avec du permanganate de potassium et de l'acide sulfurique concentré. Nous continuons nos recherches.

Lausanne, septembre 1905.

(*Revue suisse de photographie.*)

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

# LA STÉRÉOPHOTOGRAPHIE

## PAR LE PROCÉDÉ DES RÉSEAUX

Le problème général de la photographie consiste à représenter, à l'aide d'images, les objets tels que nous les voyons, avec leur couleur, leur mouvement, leurs dimensions respectives. La question de la couleur a été résolue, par M. G. LIPPMANN, par le procédé interférentiel. Une deuxième solution, moins scientifique, en a été donnée par MM. CROS et Ducos du HAURON. Elle consiste à obtenir la gamme des couleurs au moyen de trois couleurs fondamentales et pour cette raison le procédé porte le nom de procédé trichrome.

Le cinématographe nous donne à peu près satisfaction sur la question du mouvement. Il reste donc à joindre le relief, et c'est là un facteur important dans la représentation des objets. Ensuite il conviendra de combiner les solutions obtenues pour arriver à un ensemble en rapport avec nos desiderata.

La stéréophotographie ou photographie stéréoscopique est la représentation des objets avec leur relief. C'est le complément indispensable de la photographie ordinaire. En dégageant chaque objet de ce qui se trouve en avant ou en arrière, la vision stéréoscopique fait apparaître les rapports de grandeur et de position. C'est donc là une représentation rationnelle des objets.

Comme le montre HELMHOLTZ, les images à observer pour l'obtention du relief doivent être différentes et correspondre à deux points de vue, à ce point différentes, que si on les suppose dessinées sur deux pellicules, en disposant celles-ci l'une sur l'autre de façon à faire coïncider les deux images d'un même point éloigné de l'objet, on constate que les images ne coïncident pas dans toute leur étendue et que les images d'un même point sont d'autant plus écartées latéralement que ce point est plus rapproché de l'observateur. C'est à cet écartement *e* de deux images, correspondant à un même point, que HELMHOLTZ a donné le nom de parallaxe stéréoscopique.

Pour établir l'importante formule qui donne la parallaxe stéréoscopique, considérons un point lumineux S (fig. 1) et les rayons lumineux SO, SO' aboutissant aux deux yeux, O et O'. Prenons pour plan des *xz* le plan du dessin, ces rayons coupent ce plan en *s*, *s'*. Désignons par  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , les coordonnées du point S et ( $a$ ,  $b$ ,  $o$ ) ( $a'$ ,  $b$ ,  $o$ ) celles des points O et O' que nous supposons placés dans le plan horizontal. Les équations des rayons SO et SO' sont respectivement

$$\frac{x-a}{a-\alpha} = \frac{y-b}{b+\beta} = \frac{z}{-\gamma} \quad \frac{x-a}{a'-\alpha} = \frac{y-b}{b+\beta} = \frac{z}{-\gamma}$$

Par suite les coordonnées des points  $s$  et  $s'$  seront :

$$(s) \begin{cases} x = a - \frac{b(a-\alpha)}{b+\beta} \\ y = 0 \\ z = \frac{b\gamma}{b+\beta} \end{cases} \quad (s') \begin{cases} x' = a' - \frac{b(a'-\alpha)}{b+\beta} \\ y' = 0 \\ z' = \frac{b\gamma}{b+\beta} \end{cases}$$

Si le point  $S$  s'éloigne du plan du dessin  $\beta$  grandit indéfiniment et les abscisses des points  $s$  et  $s'$  deviennent  $a$  et  $a'$ . Supposons que ces deux images constituées par des points analogues à  $s$  et  $s'$  soient dessinées sur deux plans coïncidant et laissant fixe le plan qui contient l'image  $s$ , faisons glisser le plan de l'image  $s'$  de façon à faire coïncider les images du point à l'infini dans la direction de l'axe des  $y$ . Il faut pour cela déplacer le plan mobile de la quantité  $a - a'$  par suite les coordonnées de la nouvelle position du point  $s'$  seront :

$$x'_1 = a - \frac{b(a'-\alpha)}{b+\beta}, \quad y'_1 = 0, \quad z'_1 = \frac{b\gamma}{b+\beta}$$

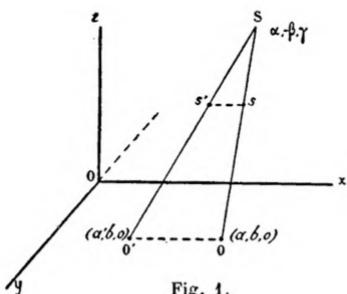


Fig. 1.

Celles du point  $s$  restent les mêmes.

La parallaxe stéréoscopique autrement dit l'écartement des deux images d'un même point  $S$  dans cette nouvelle position sera  $x'_1 - x$  c'est-à-dire  $\frac{b(a-a')}{b+\beta}$ . En désignant par  $\rho$  la distance de l'objet  $S$  au plan parallèle au plan du dessin et passant par les yeux on a

$$b + \beta = \rho.$$

Or  $a - a'$  est l'écartement des yeux en le désignant par  $2a$  nous avons la formule

$$e = \frac{2ab}{\rho}$$

où  $b$  est la distance des yeux au plan du dessin.

Il résulte de là que la *parallaxe stéréoscopique* est la même pour tous les points de l'objet qui sont à une même distance du plan du dessin ; qu'elle augmente en proportion directe de la distance entre les deux yeux et en raison inverse de la distance de l'objet au plan parallèle au plan du dessin et passant par les yeux. Dans la *photographie stéréoscopique* le plan du dessin est constitué par la plaque photographique et les yeux sont figurés par les objectifs. C'est pour augmenter la parallaxe stéréoscopique qu'on est amené à photographier des objets très rapprochés et à exagérer l'écartement des objectifs.

Ceci explique aussi que certains sujets, dont l'écartement pupillaire est grand, perçoivent plus finement le relief. D'ailleurs l'*entraînement*, à écartement pupillaire égal, joue un rôle considérable dans la sensation du relief.

En résumé, pour obtenir le relief il faut observer binoculairement deux épreuves, mais de telle façon que l'œil droit ne voie que l'épreuve qui correspond à l'œil droit et de même pour l'œil gauche. Alors si les deux dessins peuvent être fusionnés, l'illusion du relief sera complète.

La difficulté pratique consiste à opérer de façon que chaque œil voie seulement l'image qui lui correspond à l'exclusion de celle qui ne lui est pas réservée. On y arrive comme l'on sait, dans le stéréoscope ordinaire, à l'aide de verres convexes ou prismatiques.

C'est pour réaliser d'abord et surtout observer les vues stéréoscopiques indispensables à la production du relief que bien des moyens ont été mis en œuvre. On peut diviser les procédés de stéréophotographie en procédés par *vues séparées* et en vues *imbriquées ou superposées*.

Le procédé pour obtenir ou observer les deux vues séparées, nécessaires, est si connu qu'il me paraît superflu de le décrire ; je m'occupera donc seulement du procédé par vues imbriquées ou superposées, de beaucoup plus intéressant que le précédent.

Dans ce procédé les *images stéréoscopiques* sont convenablement enchevêtrées sur une même région d'une plaque photographique. Les deux images empiètent ainsi l'une sur l'autre et cette *superposition*, cet enchevêtrement donnent un aspect confus où rien n'apparaît clairement.

Pour obtenir cette double image on peut opérer en deux poses en déplaçant un appareil à objectif simple, ou en une seule pose à l'aide d'une chambre munie de deux objectifs convenablement disposés ou encore avec un objectif d'un grand diamètre auquel on accole un écran percé de deux ouvertures.

La difficulté ne réside pas dans la production des deux images mais plutôt dans leur séparation. Le problème consiste à rendre visible à chaque œil l'une des deux images à l'exclusion de l'autre. Deux solutions se présentent : celle des vues *colorées* et celle des *réseaux*.

Le procédé par vues colorées supprime l'emploi du stéréoscope compliqué de miroirs ou de lentilles qu'exige celui des vues séparées, mais il nécessite encore l'emploi d'un binocle coloré.

Le procédé des réseaux, que nous allons examiner, ne nécessite l'emploi d'aucun instrument à interposer devant les yeux. Le stéréophotogramme est tel que le réseau que l'on place devant lui constitue le stéréoscope. Et c'est d'une grande facilité de n'avoir plus à recourir aux doubles vues et à un instrument à interposer devant les yeux.

**Procédé des réseaux.** — Il consiste à produire une double image photographique devant laquelle on place un réseau c'est-à-dire un *gril* formé alternativement de lignes opaques et transparentes parallèles. Le mode d'observation dans l'examen est ici strictement corrélatif du mode employé pour obtenir la double image.

*Je ne rechercherai pas quel* est l'auteur qui, pour la première fois, employa les réseaux en stéréoscopie. Déjà en 1896 M. BERTHIER en décrivait l'emploi. La question a été étudiée plus récemment par M. MUSSY et M. GUILLOZ au sujet de la stéréophotographie à travers les corps par les rayons X. M. Frédéric IVES, de Philadelphie, a apporté une notable contribution à la réalisation de ce genre de stéréos-

copie. M. GAUMONT a rapporté de l'exposition de Saint-Louis des stéréophotogrammes obtenus par M. IYES, à l'aide de réseaux, qui donnent à la simple observation par transparence un beau relief qui s'accentue d'ailleurs avec un peu d'attention et d'entraînement.

Ces diapositives ont été présentées à l'Académie des sciences dans la séance du 24 octobre 1904 et à la Société Française de physique le 18 novembre de la même année.

**Principe.** — Considérons avec MM. BERTHIER et Mussy deux sources lumineuses O et O' et un écran E E' (fig. 2), devant cet écran interposons un réseau formé de bandes parallèles opaques  $\alpha \alpha' \alpha''$  séparées par des bandes transparentes  $\beta \beta' \beta''$  que nous supposons perpendiculaires au plan de la figure.

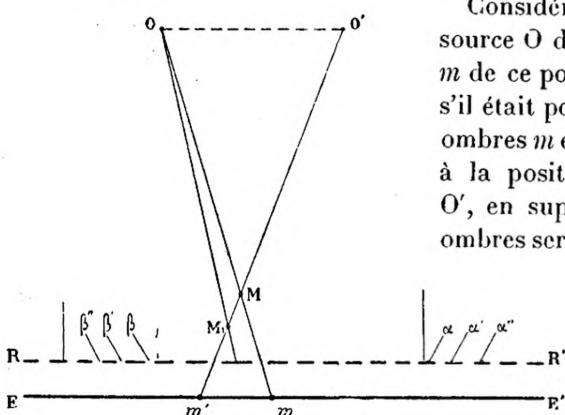


Fig. 2.

Considérons un point M d'un objet. La source O donne sur l'écran E E' une ombre m de ce point et la source O' une ombre m', s'il était possible de marquer sur l'écran les ombres m et m' et de placer ensuite ses yeux à la position qu'occupent les sources O et O', en supprimant l'objet M, chacune des ombres serait vue de chacun des yeux à l'ex-

clusion de l'autre. Pour une position convenable du réseau, l'œil placé en O verra, en effet, l'ombre m mais ne pourra voir m' car le rayon visuel allant de m' à O rencontre un trait du réseau et est arrêté par

l'opacité de ce trait. De même O' verra m' mais ne pourra voir l'ombre m. Donc si l'observateur reçoit sans confusion chacune de ces impressions monoculaires, il aura la sensation stéréoscopique comme s'il regardait directement l'objet ayant servi à obtenir ces ombres.

Le réseau sert donc à masquer à chacun des yeux l'ombre qui ne le concerne pas.

Mais tous les points de l'objet ne sauraient fournir deux impressions telles que m et m', le point M<sub>1</sub> par exemple, n'aura qu'une impression m' donnée par la source O' : celle que pourrait donner la source O se trouvant arrêtée par l'opacité d'un trait du réseau. *Les images données par chaque source sur l'écran seront donc incomplètes et seront comme formées de hachures.* Mais comme nous le verrons cela n'aura pas d'influence dans l'observation des images, grâce à la tendance que nous avons à combler, dans l'interprétation cérébrale, toute discontinuité des images, pourvu toutefois que celle-ci ne dépasse pas certaines limites. C'est sans doute pour ce motif que les images, finement quadrillées de la photogravure, nous donnent la sensation d'images continues et que nous n'apercevons pas les quadrillages qui ont servi à la produire.

**Conditions pratiques à réaliser dans l'obtention et l'observation des stéréophotogrammes.** — La distance des sources O, O' doit tout d'abord être égale à l'écarte-

# REVUE DES SCIENCES PHOTOGRAPHIQUES

STÉRÉOPHOTOGRAPHIE  
PAR LE PROCÉDÉ DES RÉSEAUX



M<sup>R</sup> APPELL  
MEMBRE DE L'INSTITUT

DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS





ment pupillaire puisque dans l'observation les yeux doivent prendre la place de ces sources. Cette distance est variable suivant les observateurs, elle peut être comprise entre 5 cm. 5 et 6 cm. 4. Le réseau ligné doit être placé à une distance de l'écran telle que les rayons lumineux émanant de O rencontrent l'écran dans les régions où la source O' projette les ombres des traits opaques du réseau et réciproquement. Ces conditions sont réalisées si les rayons lumineux émanant de O et O' et tangents à deux bords consécutifs du réseau se rencontrent sur l'écran (fig. 3), alors la similitude des triangles OIO', aIa' donne :

$$\frac{z}{D} = \frac{l}{2a}$$

$z$  désignant la distance du réseau à l'écran, D celle des sources à l'écran,  $l$  l'écartement de deux traits opaques du réseau et enfin  $2a$  l'écartement des sources lumineuses.

Dans l'application on substituera aux sources deux objectifs ou un objectif modifié comme je l'ai indiqué ci-dessus, à l'écran une plaque photographique. La ligne OO' étant perpendiculaire à la direction des traits du réseau qui est interposé entre les objectifs et la plaque. Dans les recherches que j'ai faites au laboratoire de M. le Professeur LIPPmann à la Sorbonne, j'ai utilisé des réseaux ayant 5 traits opaques au millimètre. Les traits opaques ayant une largeur double de celle des traits transparents. D'autres réseaux dans lesquels les bandes opaques avaient une largeur triple de celle des traits transparents m'ont donné de bons résultats mais la luminosité du stéréophotogramme laisse un peu à désirer en raison de l'opacité du réseau.

Après avoir impressionné et développé la plaque photographique qui contient les images imbriquées, on obtient un stéréogramme qui ne présente pas la netteté à l'œil nu des photographies ordinaires. Les images sont traversées de bandes parallèles, correspondant aux traits opaques et transparents du réseau (1). Si dans le tirage on a fait coïncider les images d'un point éloigné de l'objet, les images de points plus rapprochés sont d'autant plus écartées que le point dont elles sont les images est plus rapproché de l'observateur. Mais si devant la diapositive, à une distance convenable, en rapport avec le réseau dont on se sert, on interpose celui-ci, la séparation des images s'effectue et le relief apparaît. Il convient de disposer les lignes du réseau parallèlement aux hachures du stéréophotogramme.

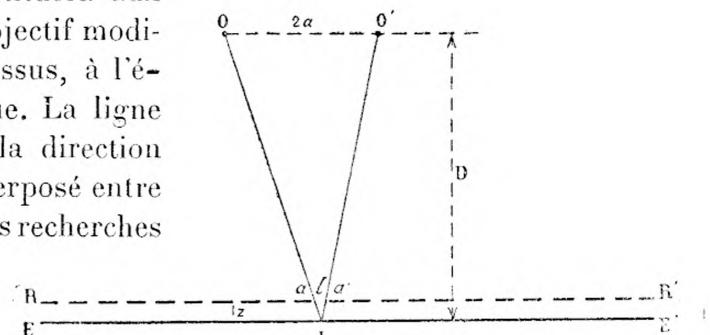


Fig. 3.

(1) Nous reproduisons le stéréogramme, représentant M. APPELL, doyen de la Faculté des sciences. On a pu voir ce stéréogramme à l'exposition française de Physique, muni de son réseau.

On est averti de ce parallélisme par la disparition à peu près complète de bandes opaques moirées qui sont d'autant plus fines, nombreuses et serrées que l'on est plus loin de la position cherchée.

Dans l'observation par transparence, il peut arriver que le relief n'apparaisse pas à première vue, il est quelquefois nécessaire de pratiquer l'examen avec attention, ténacité même, en déplaçant légèrement le stéréophotogramme par rapport aux yeux de manière à faire coïncider les deux images. D'ailleurs l'intensité de la sensation est variable d'un observateur à l'autre en raison de l'écartement pupillaire. Relativement aux portraits, on peut remarquer que les stéréophotogrammes offrent une douceur et une vie que ne présentent pas les diapositives ordinaires et même les vues stéréoscopiques auxquelles on reproche, avec quelque raison, de donner une sensation de décors de théâtre tant elles manquent en général de modelé.

Suivant que la mise au point dans le tirage a eu lieu en avant ou en arrière de l'objet principal, les images de cet objet sont inversées, en sorte que la mise au point fournira des indications sur la manière de monter le stéréophotogramme et de pratiquer l'observation qui peut donner lieu au phénomène de pseudoscopie lorsque l'œil droit examine l'image qui correspond à l'œil gauche.

E. ESTANAVE,  
*Docteur ès-sciences,*

---

DE

# L'ACTION DES DIFFÉRENTS RAYONS DU SPECTRE SUR LES PLAQUES PHOTOGRAPHIQUES SENSIBLES

---

## PHOTOGRAPHIE ORTHOCHROMATIQUE

---

### PLAQUES

JOUISSANT DE SENSIBILITÉ COMPARABLE A CELLE DE L'ŒIL

Par Albert NODON

docteur ès sciences

---

**Des plaques sensibles.** — Il existe un grand nombre de préparations sensibles à la lumière, susceptibles de constituer des plaques ou des pellicules photographiques. Telles sont : le collodion humide, le collodion sec, l'albumine humide ou sèche, sensibilisés par trempage ; le lactate d'argent, le collodio-bromure d'argent, l'albumino-bromure d'argent, le gélatino-bromure d'argent, qui sont à l'état d'émulsions ; la gélatine bichromatée, le ferricyanure de fer, etc.

La préparation sensible la plus généralement employée, à cause de sa grande sensibilité à la lumière blanche et de sa longue conservation, est le *bromure d'argent* mélangé à de l'*iodure d'argent*.

La gélatine constitue, pour les plaques photographiques ordinaires, le support qui leur communique la plus grande sensibilité.

L'albumine et le collodion donnent des préparations argentifères sensibles, dont le grain est beaucoup plus fin que celui de l'émulsion au gélatino-bromure ; cet avantage est apprécié dans certains cas spéciaux où la sensibilité est secondaire, tels que la reproduction de tableaux ou de gravures, ou pour les agrandissements et les projections.

Les diverses radiations spectrales n'agissent pas d'une façon uniforme sur des préparations sensibles différentes ; leur action varie également suivant la nature du révélateur.

**Des diverses couleurs.** — La lumière blanche solaire renferme, suivant *Vierordt*, pour 100 parties, les quantités de lumière colorée suivantes :

---

Rouge . . . . .	54
Rouge orangé . . . . .	140
Orangé . . . . .	80
Jaune orangé . . . . .	114
Jaune. . . . .	54
Jaune verdâtre . . . . .	121
Vert et vert bleu . . . . .	134
Bleu cyané. . . . .	32
Bleu . . . . .	40
Outremer et indigo . . . . .	20
Violet . . . . .	5

On voit, d'après ce tableau, que les diverses plages colorées du spectre possèdent des étendues relatives très différentes.

C'est la teinte jaune verdâtre qui est la plus étendue, et c'est précisément dans cette teinte que se trouve localisée la *région critique* du spectre, dont la longueur d'onde est égale à  $\mu = 470$  (1). Puis viennent le vert et le jaune orangé. Toutes les autres couleurs présentent une étendue relative beaucoup plus réduite.

**Action des diverses radiations sur les plaques sensibles.** — **1° ACTION DES RADIATIONS ROUGES.** — Les radiations rouges, qui ont les plus grandes longueurs d'ondes dans le spectre sont celles qui influencent le plus lentement les plaques sensibles.

Pour les plaques au gélatino-bromure d'argent, la faible sensibilité qu'elles présentent pour les radiations rouges est d'autant plus appréciable que l'épaisseur de l'émulsion de gélatino-bromure est plus grande.

Jusqu'à ces derniers temps, on ne connaissait guère que la chlorophylle qui produisit une sensibilisation pour le rouge, et encore cette substance était-elle inutilisable avec l'émulsion de gélatino-bromure.

Le rouge d'éthyle, qui a été découvert par *Miethe*, permet d'obtenir une grande sensibilité pour le rouge.

Le rouge de glycène, qui est fabriqué par *Kimelberger* de Prague, permet également d'obtenir l'orthochromatisme pour le rouge.

**OBSERVATION.** — La quantité de matière colorante qu'il est nécessaire d'ajouter au sel d'argent pour l'orthochromatiser, est toujours très faible pour obtenir le maximum d'effet. Avec la cyanine, par exemple, il suffit de 1/100.000 de cette substance pour réaliser la sensibilité maxima.

Si l'on augmente la quantité de matières, l'excès du colorant se porte sur la gélatine et la colore. Cette coloration diminue dans une forte proportion la sensibilité du sel d'argent.

Nous donnons dans le tableau ci-joint les principales couleurs qui fournissent l'orthochromatisme dans les diverses régions du spectre :

(1) A. Nodot, Etude spectroscopique des couleurs pigmentaires (*Congrès des Sociétés savantes*, 1900).

ROUGE	ORANGÉ	JAUNE	VERT	BLEU ET VIOLET
Rouge Éthyle.	Cyanine.	Méthylérythrine.	Érythrosine.	Sels d'argent naturels.
Rouge de Glycène.	Céruléine.	Chlorophylle.	Chrysaniline.	Jaunes.
Chlorophylle.	Violets divers. Érythrosine.		Éosines ; rose Bengale. Fuschines ; rouge de Toluène.	
		Azaline.		

**Des écrans colorés.** — Les diverses substances colorantes que nous venons d'énumérer n'atténuent pas suffisamment la sensibilité du gélatino-bromure d'argent pour le bleu et le violet; aussi devient-il nécessaire d'utiliser des écrans colorés en orangé et en jaune, pour atténuer l'action des bleus.

Avec l'émulsion au collodio-bromure d'argent, on parvient à obtenir une sensibilité locale suffisante et une assez grande atténuation dans l'action des bleus, pour éviter l'emploi d'écrans colorés.

Les écrans colorés sont souvent préparés avec une couche de gélatine teinte, étendue sur une glace à faces parallèles. On obtient de bons écrans en opérant comme suit :

On prépare une solution d'érythrosine à 1/2 p. 100 (18 centimètres cubes) ou une solution de métaline, saturée à 15 degrés C. (20 centimètres cubes). On plonge dans l'une de ces deux solutions deux glaces gélatinées sur une seule face. On les sèche lentement à l'air, puis on colle les deux glaces gélatine contre gélatine, à l'aide d'une solution visqueuse de baume de Canada dans le chloroforme, en évitant l'interposition de bulles d'air entre les surfaces.

On peut encore se servir d'écrans au collodion, coloré à l'aide d'*acide picrique* qui atténue fortement les bleus, ou à l'*aurantia* dissous dans le collodion, qui ne laisse passer que les radiations vertes, jaunes, orangées et rouges.

Avec ces écrans, l'intensité relative des jaunes et des bleus se trouve ramenée aux valeurs perçues par l'œil.

On peut, dans certains cas spéciaux, tels que la photomicrographie, utiliser des écrans constitués par des cuves prismatiques en glaces à faces parallèles, remplies d'une dissolution étendue et dosée de *bichromate de potasse*.

L'absorption des radiations *ultra-violettes* s'obtient aisément à l'aide d'une dissolution d'*esculine*, dont la quantité varie de 0 gr. 000015 à 0 gr. 0005 par centimètre carré d'écran.

Dans l'exemple de plaques sensibles au rouge et à l'orange, il conviendrait d'utiliser des écrans colorants qui absorberaient le bleu et le violet et qui laisseraient passer le rouge et l'orangé.

L'emploi des écrans colorés, qui est nécessité par l'imperfection des plaques photographiques actuelles, reste, malgré tout, une complication et une gêne dans l'emploi des plaques orthochromatiques.

Les écrans ont l'inconvénient d'augmenter considérablement la durée de la pose, et ils risquent d'occasionner, par leur présence, des imperfections plus ou moins graves dans la pureté des images.

Les plaques orthochromatiques ne deviendront réellement pratiques qu'autant qu'elles pourront s'employer sans écrans colorés.

**Résultats particuliers que fournissent les plaques orthochromatiques actuelles.** — Les plaques sensibles au vert et au jaune, qui sont les plus répandues, présentent l'avantage d'éviter les halos, et de ne point se laisser voiler même après des développements prolongés.

Ces résultats sont obtenus même sans l'interposition d'un écran coloré. Les images qu'elles fournissent dans ces conditions sont aussi plus fines et mieux détaillées que celles données par les plaques ordinaires.

Dans certains cas spéciaux, les bleus que fournissent principalement le ciel, la mer, ou les lointains, se trouvent naturellement très atténusés ; tel est le cas des sous-bois colorés en vert par les feuillages qui tamisent la lumière. Alors l'emploi d'écrans colorés n'est plus indispensable, et la rapidité ainsi que la pureté des images gagnent à cette suppression.

**De la sensibilité générale des plaques orthochromatiques.** — La sensibilité des sels d'argent est surtout très grande pour les radiations très réfrangibles, et il résulte de ce fait que toute cause qui atténuerait la sensibilité pour ces radiations, réduira en même temps la sensibilité générale pour la lumière blanche. C'est, en effet, ce qui se produit avec toutes les plaques orthochromatiques.

Les plaques au gélatino-bromure d'argent sensibilisées à l'*azaline* sont deux fois et demi moins sensibles que des plaques ordinaires préparées avec une même émulsion non orthochromatisée.

L'interposition d'un écran jaune foncé rend les mêmes plaques vingt fois moins sensibles que les plaques ordinaires non colorées.

**Conditions que doivent remplir les plaques orthochromatiques.** — D'après M. GUILLEMINOT, les plaques orthochromatiques devraient posséder les qualités suivantes :

- 1<sup>o</sup> Une très grande sensibilité chromatique ;
- 2<sup>o</sup> Une pureté absolue de la couche sensible ;
- 3<sup>o</sup> Une très grande rapidité ;
- 4<sup>o</sup> Une grande durée de conservation.

On pourrait ajouter à ces conditions :

- 5<sup>o</sup> Utilisation possible des plaques, sans l'interposition d'écrans colorés.

En réalité, aucune espèce de plaques ne remplit encore les conditions précédentes, et il reste d'importants perfectionnements à réaliser dans leur fabrication.

Cependant les images photographiques, que l'on obtient à l'aide des plaques

orthochromatiques actuelles, possèdent déjà une supériorité si évidente sur les autres, que l'on peut prévoir une époque prochaine où l'emploi de ces plaques deviendra à peu près général.

On peut affirmer que l'unique avantage que possèdent les plaques ordinaires actuelles consiste dans leur très grande sensibilité pour la lumière blanche, ou plus exactement, pour les radiations bleues de la lumière blanche.

Comme la tendance se porte de plus en plus vers les grands instantanés, on voit donc que l'emploi des plaques orthochromatiques ne parviendra à se généraliser qu'au moment où ces plaques auront acquis une sensibilité générale chromatique égale à la sensibilité des plaques ordinaires pour la lumière blanche.

## LE PANCHROMATISME

Le panchromatisme consiste à obtenir l'orthochromatisme proportionnel à la sensibilité de notre œil pour les diverses radiations.

Le panchromatisme est l'orthochromatisme étendu à toutes les régions chromatiques du spectre, dans le but d'obtenir des plaques jouissant d'une sensibilité comparable à celle de la rétine.

On serait tenté de supposer, *à priori*, qu'en traitant successivement les émulsions photographiques par une série convenable de matières colorantes, susceptibles de les orthochromatiser pour les diverses régions du spectre, on obtiendrait un panchromatisme parfait de ces émulsions.

En réalité, les choses ne se passent pas aussi simplement. Les substances colorantes qui sensibilisent les sels d'argent pour une région déterminée du spectre constituent, avec l'argent et le bromo-iodure, des combinaisons sensibles aux radiations spéciales qu'elles absorbent.

Or, plusieurs substances colorantes appartenant à des classes chimiques différentes ne sont pas nécessairement susceptibles de se combiner ensemble pour donner naissance à des sels d'argent composés.

Par exemple, le mélange de cyanine et d'éosine ne produit pas le même effet que ces deux sels pris séparément.

Il existe certaines matières colorantes, telles que la *phyllocyanine*, qui permettent d'étendre l'orthochromatisme du rouge orangé jusqu'au vert.

Une autre substance préconisée par M. Guilleminot, qui est un sulfo-dérivé du diméthyle B. amidophénol, ou rouge de rhodamine, permet d'obtenir l'absorption complète du spectre du violet  $1/2\text{ H}$ , jusqu'à la raie D, avec cessation brusque au voisinage de cette raie.

On constate que, sur une plaque au gélatino-bromure ordinaire, l'impression du spectre s'effectue entre E et F jusqu'en G' entre G et H, tandis qu'avec les plaques sensibilisées par le rouge de rhodamine, l'impression s'effectue de D à G'.

Mais l'atténuation des bleus violets n'est pas encore suffisante pour cette préparation ; et l'emploi des écrans jaunes s'impose à nouveau pour obtenir une bande d'absorption s'étendant de G 2/3 à F  $1/2\text{ G}$ .

En réalité, le procédé précédent est un perfectionnement de l'orthochromatisme, mais il n'est encore qu'un acheminement vers le panchromatisme.

A l'aide d'émulsion à l'albumine, il est possible d'obtenir un panchromatisme très satisfaisant, par le rouge de quinoléine et la cyanine.

On commence alors par orthochromatiser la plaque pour le rouge, en la plongeant dans un bain composé de :

Eau distillée . . . . .	100 cme.
Nitrate d'argent . . . . .	6 gr.
Acide acétique cristallisble . . . . .	6 gr.

Après 40 minutes d'immersion, on lave la plaque pendant 15 à 20 minutes à l'eau courante, puis on la plonge dans un second bain pendant 1 minute :

Eau distillée . . . . .	100 cme.
Solution alcoolique $\frac{4}{500}$ de rouge de quinoléine . . . . .	1 —
Solution alcoolique $\frac{1}{250}$ de cyanine . . . . .	2 —

On lave et laisse sécher.

On peut également sensibiliser une émulsion de gélatino-bromure fraîchement préparée, c'est-à-dire ayant un grain de faible diamètre, à l'aide du bain suivant :

Solution alcoolique de cyanine au $\frac{4}{590}$ . . . . .	3 cme.
Solution alcoolique d'érythrosine au $\frac{4}{500}$ . . . . .	2 —
Solution de rouge de glycène à saturation . . . . .	10 —
Solution pour 100 centimètres cubes d'émulsion.	

L'emploi d'un écran jaune est nécessaire dans les deux cas pour atténuer les bleus.

Les plaques panchromatiques ainsi obtenues sont assez lentes. On les utilise dans le procédé interférentiel de Lippmann.

Ces diverses préparations fournissent déjà des résultats satisfaisants, mais elles ne possèdent pas une égalité complète dans leur sensibilité pour les diverses parties du spectre ; elles ont une trop grande sensibilité pour les bleus et les violetts, et enfin leur sensibilité générale est trop faible.

Il reste donc d'importants perfectionnements à réaliser dans la préparation des plaques panchromatiques possédant pour tous les rayons lumineux une sensibilité égale à celle de l'œil et une sensibilité générale élevée.

Si nous cherchons à approfondir quelque peu cette question, nous voyons qu'il convient d'abord de choisir la préparation sensible la plus convenable.

**Préparation sensible.** — Le collodion humide et le bromure d'argent per-

mettent d'obtenir avec les divers sensibilisateurs un panchromatisme satisfaisant, avec une forte atténuation de la sensibilité pour les bleus.

Mais l'emploi de plaques humides est peu pratique ; en outre, la sensibilité générale de la couche est faible.

Le collodion sec donne des résultats inférieurs au collodion humide par suite de la faible pénétrabilité de cette préparation par les liquides révélateurs.

L'albumine fournit des résultats très satisfaisants, mais la sensibilité des préparations est médiocre.

La gélatine sous le rapport de l'orthochromatisme est inférieure au collodion et à l'albumine. La composition chimique de la gélatine est très variable, et cette composition a une influence considérable sur la sensibilité de la préparation. VOGEL a constaté que certaines émulsions de gélatine préparées pour obtenir de la sensibilité dans le jaune donnaient une différence de 1/30<sup>e</sup> à 2 fois la sensibilité pour le bleu, soit des variations de 1 à 100.

De plus, la grosseur du grain de l'émulsion de gélatino-bromure joue un rôle important dans la sensibilité. Lorsqu'une émulsion de gélatino-bromure vient d'être préparée, ce grain n'a que 0 mm. 0008 de diamètre. Mais ce diamètre augmente sans cesse : il est de 0 mm. 003 après quelques jours, et il atteint 0 mm. 03 au bout de 15 jours. L'émulsion est d'autant plus sensible et plus instable que le grain en est plus gros.

L'augmentation de sensibilité paraît se porter principalement sur le bleu. La sensibilisation de l'émulsion par les couleurs s'obtient d'autant plus facilement que le grain est plus fin, mais la sensibilité générale est alors diminuée.

**Nature du sel d'argent.** — Le bromo-iodure d'argent est le sel qui est le plus influençable par les radiations bleues et violettes. La nature physique de ce sel a, du reste, une grande action sur cette sensibilité.

Ainsi le bromure d'argent obtenu par l'intermédiaire de la gélatine est particulièrement sensible aux rayons bleus, et il est bien plus difficilement réductible à l'état métallique que le bromure d'argent obtenu par l'intermédiaire du collodion. Ce dernier bromure est plus particulièrement sensible à l'indigo.

Les révélateurs physiques, tels que l'acide gallique et le nitrate d'argent, produisent un effet réducteur à peu près identique sur les deux variétés précédentes de bromure, mais les révélateurs chimiques à réaction alcaline ont une action beaucoup plus vive sur le bromure sensible au bleu que sur le bromure sensible à l'indigo.

Ces deux variétés de bromure d'argent se comportent différemment vis-à-vis des sels d'argent colorés, tels que l'éosinate d'argent avec lesquels ils forment probablement des sous-combinaisons.

La variété sensible à l'indigo se combine plus facilement avec ces sels d'argent colorés que la variété sensible au bleu, ce qui explique la plus grande facilité qu'on trouve à sensibiliser le collodion-bromure que le gélatino-bromure.

Le rôle du support consiste donc à obtenir une variété déterminée de bromure ou de bromo-iodure d'argent, plus ou moins sensible aux radiations à faibles longueurs d'onde.

Ce support paraît également jouer un rôle chimique lors de l'impression latente de l'image, puis au moment de sa révélation. Ce support joue alors le rôle d'absorbant vis-à-vis des halogènes mis en liberté par la décomposition des sels haloïdes d'argent. Cette action est, du reste, grandement favorisée par la présence de l'eau et du nitrate d'argent en excès.

L'étude des réactions chimiques internes qui accompagnent la production et la révélation de l'image est, du reste, encore incomplète, et il paraît probable qu'une connaissance plus approfondie de ces faits serait d'un grand secours pour perfectionner les méthodes actuelles.

On peut cependant admettre, d'après les faits déjà acquis, que le support doit être facilement pénétrable par l'eau, que sa composition doit être aussi homogène et constante que possible, et que sa composition chimique doit favoriser le mieux possible l'absorption des halogènes.

Il n'est pas prouvé, jusqu'à nouvel ordre, que la gélatine doive nécessairement rester le support le plus convenable pour réaliser des plaques panchromatiques les plus parfaites.

Il se pourrait qu'une préparation chimique préalable de la gélatine, son mélange avec d'autres substances, ou même une substance différente de celles que nous connaissons, permettent d'obtenir une sensibilité générale des plaques panchrométrique supérieure à celle que fournissent les émulsions gélatinées actuelles. Il est, du reste, impossible de faire telle ou telle hypothèse *a priori*, la pratique et de nombreux essais permettront seuls de résoudre ce problème.

Nous avons vu précédemment que le choix de la variété de bromure d'argent ainsi que la grosseur du grain de ce bromure avaient une grande importance au point de vue de la sensibilité pour une région déterminée du spectre et au point de vue de la facilité des combinaisons secondaires avec les sels colorés d'argent. Jusqu'à nouvel ordre, il semble, que la variété de bromure d'argent sensible à l'indigo et à grains fins soit la plus convenable pour obtenir le panchromatisme.

**Coloration des sels d'argent.** — Le bromure ainsi que le bromo-iodure d'argent sont des sels colorés en jaune sensibles aux radiations complémentaires du jaune, c'est-à-dire à l'indigo, au bleu et au violet. Le bromure d'argent est d'autant plus sensible aux radiations rapides que sa coloration jaune est plus accentuée.

Un certain nombre de matières colorantes, telles que l'éosine, le méthylérythrine, la cyanine, la céruleine, le rouge d'éthyle, etc., forment avec l'argent des combinaisons colorées définies.

La combinaison est nettement accusée avec les éosines, telles, par exemple, que l'érythrosine (sodium-tétraiodo-fluorescéine) ; le produit fournit avec le nitrate d'argent, par double décomposition, de l'argent tétraiodo-fluorescéine, doué d'une coloration rouge. Ce sel d'argent est très sensible aux radiations vert jaune, complémentaires de celles qu'il émet.

En formant le sel coloré précédent en présence du bromure d'argent, il se forme alors une combinaison double entre les deux sels d'argent. Cette combinaison est encore mal définie au point de vue chimique, mais on constate qu'elle est 20 fois

plus sensible que le sel coloré d'argent privé de brome, pour les radiations vert-jaune. Cette sensibilité est surtout manifeste en présence d'un léger excès de nitrate d'argent.

Le panchromatisme devra donc être tenté par la combinaison définie de sels colorés d'argent et de bromure ou d'iodure d'argent, de façon à réaliser, pour toutes les parties du spectre, une sensibilité chromatique égale.

Les préparations actuelles ont une sensibilité générale moindre que celle des plaques ordinaires, avec un excès de sensibilité pour les bleus.

La nature du révélateur est également susceptible de faire varier la sensibilité des plaques entre de larges limites.

**Révélateurs.** — La première action de la lumière sur les plaques sensibles se manifeste d'abord sous une forme mécanique. L'image n'est que latente et elle est susceptible de se révéler sous l'influence ultérieure d'agents physiques ou chimiques.

Puis, cette action mécanique se transforme, en vertu de l'affinité chimique des éléments de la préparation sensible, en une action plus profonde de nature chimique.

Cette nouvelle transformation est invisible ou peu apparente, quoique profonde. La gélatine bichromatée, par exemple, devient insoluble dans les parties éclairées.

Les sels d'argent, tels que le bromure ou l'iodure d'argent, subissent, sous l'action des radiations très réfrangibles du spectre, une modification plus ou moins profonde qui devient apparente sous l'action ultérieure des radiations vertes et jaunes qui agissent comme rayons continuateurs ou comme révélateurs physiques.

Au contraire, les radiations rouges ou infra-rouges font complètement disparaître l'action mécanique produite antérieurement par les radiations très réfrangibles, et elles atténuent cette action, si celle-ci a été plus profonde. Les radiations rouges agissent donc comme destructrices des radiations très réfrangibles.

L'étude de l'action révélatrice ou destructrice des diverses radiations ne paraît pas avoir été faite avec les combinaisons colorées d'argent, telles que l'éosinate ou l'érithrosinate d'argent alliées au bromure d'argent. Il semble probable que les radiations vertes et rouges qui agissent sur le bromure d'argent comme révélatrices ou destructrices de l'image, agissent d'une façon différente sur les sels colorés d'argent.

Les révélateurs peuvent agir, soit physiquement, en mettant l'argent en liberté et en continuant pour ainsi dire l'action déjà commencée par la lumière, soit chimiquement, en faisant subir une modification au sel d'argent.

Parmi les *révélateurs physiques*, on peut citer les rayons jaunes et verts pour le bromure et l'iodure d'argent, ainsi que l'acide gallique et le nitrate d'argent.

Si l'on recouvre la plaque impressionnée dans la chambre noire d'une couche de gélatine avant le développement, on accroît très sensiblement l'action du révélateur. La présence de cette couche supplémentaire de gélatine empêche la diffusion de l'argent réduit dans le bain.

L'argent libéré se trouve immobilisé à la surface de l'image, entre deux couches de gélatine. Ce procédé mécanique permet donc d'accroître la sensibilité des plaques photographiques.

Une addition de gélatine dans le bain révélateur produit une action analogue, quoique plus faible.

Si l'on soumet les plaques au gélatino-bromure d'argent, sensibilisées à l'azaline, à l'action révélatrice d'un bain très dilué de nitrate de chrysanthine, on accroît la sensibilité des plaques aux radiations jaunes et l'on déplace même l'action du côté du vert.

Les révélateurs chimiques alcalins font subir une modification aux sels d'argent impressionnés, et ils paraissent principalement agir sur la variété de bromure d'argent sensible au bleu et à gros grains. Il serait intéressant d'étudier l'action des révélateurs physiques et chimiques sur les sels colorés d'argent, afin de faire un choix judicieux parmi ceux-ci pour les plaques orthochromatiques et panchromatiques.

Il semble probable que l'électricité est un agent révélateur puissant, car l'on sait que le courant électrique favorise largement les effets d'ionisation dans les électrolytes. Si les phénomènes d'ionisation ont été commencés par la lumière, il semble probable que l'électricité les continuerait plus ou moins profondément.

Divers résultats obtenus dans ces derniers temps à l'aide de développement électrolyte des plaques sensibles semblent donner raison à cette hypothèse.

Nous tenons à rappeler que nous avons, le premier, signalé l'action révélatrice du courant électrique en photographie et son application possible à la photographie des couleurs dans une note déposée à l'Académie des sciences, le 1<sup>er</sup> février 1893.

Nous avions pu obtenir, dès cette époque, la révélation d'images colorées en rouge à l'aide de l'éosinate d'argent par l'action de l'électrolyse d'un bain oxydant.

Les propriétés physiques et chimiques que présentent les sels colorés d'argent, utilisés dans l'orthochromatisme, paraissant être bien différentes de celles des bromures et iodures d'argent, il est probable que l'on devra chercher des révélateurs appropriés à la nature des sels. Ces révélateurs pourront être très différents de ceux qui nous sont familiers pour les plaques ordinaires.

L'emploi du courant électrique permettra peut-être de faciliter le développement. L'emploi d'un procédé mécanique quelconque, qui permettrait d'éviter la diffusion de l'argent réduit dans le bain révélateur, tel que la double couche de gélatine, augmenterait aussi la sensibilité des plaques.

Nous voyons donc, par cet aperçu rapide, que, dans l'étude du panchromatisme, rien n'est encore résolu, ni la nature du support, ni la nature du sel haloïde d'argent, ni celle de la combinaison colorée d'argent et d'halogène, ni la nature du révélateur.

## LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS

L'étude du panchromatisme nous amène naturellement à la photographie des couleurs.

Nous avions déjà eu l'occasion de signaler la photographie en couleurs par tri-chromes, à l'occasion de l'orthochromatisme.

Le panchromatisme approché, auquel on est déjà parvenu, a permis à M. LIPP-MANN d'obtenir un remarquable résultat par l'obtention de couleurs interférentielles.

L'emploi de transparents polychromes, disposés à demeure sur la préparation panchromatique, a également permis à M. JOLY, puis plus récemment, à M. LUMIÈRE, d'obtenir la photographie par couleurs pigmentaires. Ces procédés fournissent des clichés négatifs possédant les couleurs complémentaires de celles du sujet photographié. Ces négatifs complémentaires permettent d'effectuer facilement le tirage d'un nombre indéfini d'épreuves positives en couleurs naturelles.

Nous revendiquons la découverte de ces derniers principes et leur extension à la photographie colorée et panchromatique, d'après l'énoncé qui en a été fait dans le pli cacheté n°4864, que nous avions déposé à l'Académie des sciences, le 1<sup>er</sup> février 1893, et qui a été ouvert en séance de l'Académie le 12 décembre 1904.

La méthode est décrite comme suit dans cette note : *Fixation par la photographie des images colorées de la chambre noire.*

**Principe physique.** -- Le nouveau procédé permet d'obtenir la fixation des images de la chambre noire avec leurs couleurs réelles, au moyen de pigments colorés, soit sur le papier, soit sur le verre, soit en général sur un support quelconque.

La réunion simultanée des trois couleurs primitives du spectre, le rouge, le jaune et le bleu sur la rétine, donne la sensation du blanc.

L'absence de l'une de ces trois couleurs donne l'impression de la couleur dite *complémentaire* de la couleur manquante.

**EXEMPLES :** L'impression rétinienne simultanée du rouge et du jaune donne l'impression de la couleur orangée, laquelle est complémentaire de la couleur absente, c'est-à-dire du bleu; le jaune et le bleu donnent le vert complémentaire de la couleur absente : le rouge, etc.

Si l'on fait un mélange intime de *trois poudres colorées*, respectivement en rouge, en jaune et en bleu, l'œil ne percevra, dans l'ensemble du mélange, qu'une *poudre incolore*. Mais si l'œil est armé d'une loupe, aussitôt chacun de ces grains colorés, grossi, se détachera de ses voisins et apparaîtra avec sa couleur propre. Il suffira donc d'avoir pratiquement une poudre suffisamment fine pour que l'œil ne perçoive plus qu'une teinte blanche uniforme.

Si, par un moyen quelconque, on vient à enlever du mélange l'une des poudres colorées qui le composent, le rouge, par exemple, qui pourrait être constitué par des grains de fer réduit colorés en rouge, et que cette action soit faite au moyen d'un aimant, aussitôt l'œil croira voir la poudre se colorer en vert, car la sous-traction des grains rouges ne laissera subsister que les grains jaunes et bleus, et fera apparaître, par l'addition de ces deux couleurs, la teinte verte. Si l'aimant n'est promené que sur certaines parties de la surface, de façon à y dessiner une image quelconque, cette image se détachera en vert sur fond blanc.

Si nous voulions utiliser ce principe pour obtenir la reproduction d'une image colorée avec ses couleurs propres, il faudra que la lumière rouge affecte seulement les grains colorés en rouge, de façon à permettre de détruire après cette action

lumineuse, par un moyen quelconque, la matière colorée en rouge qui est disposée sur les grains de cette couleur, qui seuls auront été influencés par la lumière.

Il en sera, du reste, de même pour les autres couleurs primitives : le jaune et le bleu.

**Principe chimique.** — Si nous colorons les poudres, respectivement en rouge, en jaune et en bleu, avec des couleurs mélangées à des substances sensibles à la lumière, et si nous fixons le mélange de ces trois poudres sur un support quelconque, au moyen d'un intermédiaire approprié, tel que le collodion, l'œil ne percevra qu'une impression uniformément blanche. Si l'on projette sur cette plaque sensible une image de la chambre noire, la couleur rouge de l'image n'étant absorbée que par la substance rouge déposée sur la poudre colorée en rouge, ces rayons rouges n'influenceront la plaque qu'aux points correspondants, et il en sera de même pour les autres grains colorés en jaune et en bleu.

Les couleurs complémentaires : le vert, l'orangé, le violet influenceront à la fois des deux couleurs primitives dont elles sont respectivement formées. En outre, les rayons blancs formés par l'ensemble des trois couleurs primitives influenceront à la fois les grains colorés respectivement en rouge, bleu et jaune.

Les parties observées de l'image, correspondantes à l'absence de lumière, n'affectent aucun des grains colorés. La plaque ayant été ainsi impressionnée par chacune des couleurs séparément, on soumet cette plaque à l'action d'un révélateur approprié, qui a pour but de continuer l'action chimique latente produite par les rayons lumineux colorés.

Cette action chimique prolongée a pour effet de *détruire* la matière colorante aux endroits touchés par les rayons lumineux correspondants.

**Développement.** — Le résultat du développement est de faire apparaître l'image colorée avec ses couleurs et ses nuances en couleurs complémentaires ; en effet, la matière colorante rouge ayant été détruite aux points de l'image colorée en rouge, ces points apparaîtront pour l'œil avec les teintes restantes sur les grains colorés en jaune et en bleu, qui donneront sur la rétine l'impression du vert.

Il en résulte donc que les points rouges de l'image apparaissent colorés en vert, et, pour la même raison, les autres couleurs apparaîtront en couleurs complémentaires.

**Ombres et noirs.** — Les ombres et les noirs de l'image sont obtenus sur le cliché à l'aide d'un sel réductible à la lumière, tel qu'un sel d'argent, donnant une image négative colorée en couleurs complémentaires avec les clairs négatifs.

Le cliché, après fixage, pourra être transporté en positif sur papier, par exemple, et il formera alors l'image avec ses couleurs redressées.

**Résultats obtenus.** — Nous allons indiquer rapidement le moyen que nous avons employé pour fixer la couleur rouge du spectre.

En disposant (dans la chambre obscure) une plaque d'argent poli, comme celles utilisées en daguerréotype, puis en la soumettant à l'*électrolyse* dans un bain de

bromure de potassium, après l'avoir suspendue au pôle positif d'une pile Daniell de trois éléments (la cathode était constituée par une lame de fer, introduite dans un vase poreux), on formait à la surface de l'argent une couche de bromure d'argent sensible à la lumière.

En recouvrant cette plaque ainsi sensibilisée d'une solution aqueuse et sucrée d'éosine (tétrabromure-fluorescéine-potassium) et en séchant la plaque à l'étuve, on obtient une plaque sensible aux rayons rouges.

Si l'on dispose cette plaque dans un châssis-presse contre une image colorée transparente, telle qu'un verre de lanterne magique, et qu'on expose le tout à la lumière, on ne constate, après cette exposition, aucun changement sensible de la couleur sur la plaque. Mais si l'on expose cette plaque à l'action *électrolytique* au pôle positif dans la dissolution du bromure de potassium, aussitôt l'éosine disparaît aux endroits qui ont été touchés par la lumière rouge ou contenant du rouge, et elle ne subit aucune destruction aux autres endroits de l'image. Il en résulte que, sur la plaque, l'image apparaît colorée en rouge à tous les endroits colorés en jaune, en bleu et en noir sur le cliché. Si l'on répète l'expérience avec une couleur d'aniline quelconque susceptible d'être détruite par oxydation, le même phénomène se reproduit avec chacune d'elles pour les couleurs correspondantes.

Le traitement chimique semblerait donc se résumer dans l'emploi d'une substance colorée facilement destructible par oxydation, cette substance servant à colorer le sel réductible par la lumière, tel que le bromure, le chlorure ou l'iodure d'argent. Sous l'influence de la lumière, la couleur correspondante à celle de la substance colorée subit un commencement d'oxydation par la mise en liberté de l'halogène du sel d'argent.

On développe ensuite le cliché dans un bain *oxydant*, de façon à continuer, par oxydation, l'action destructrice de la matière colorante qui a été impressionnée par la lumière.

En unissant ce traitement chimique au principe physique étudié précédemment, en colorant respectivement en rouge, en bleu et en jaune, des grains de bromure d'argent, puis en mélangeant ces trois poudres, on obtiendra dans l'ensemble une poudre blanche.

Si l'on fixe ces trois poudres ainsi mélangées sur une plaque de verre à l'aide du collodion, par exemple, on aura constitué une plaque sensible aux trois couleurs primitives et à leurs complémentaires. L'expérience apprendra s'il n'y aura pas intérêt, au point de vue de la pureté des teintes, à mélanger aux trois poudres possédant les couleurs primitives, trois autres poudres possédant les couleurs complémentaires.

L'ensemble de ces six poudres colorées donnerait également l'impression du blanc sur la rétine.

En résumé, ce procédé permet :

1<sup>o</sup> D'obtenir des images colorées de la chambre noire à l'aide de couleurs réelles sous forme de pigments colorés, de façon à donner l'illusion d'une aquarelle ou d'un tableau ;

2<sup>o</sup> D'obtenir des images colorées, fixées sur un support quelconque ;

3<sup>e</sup> D'effectuer facilement le transport de l'image négative colorée en image positive colorée en un nombre indéfini de positifs ;

4<sup>e</sup> De n'exiger qu'une seule exposition à la chambre noire pour obtenir à la fois toutes les couleurs de l'image avec leurs valeurs respectives.

**REMARQUE.** — Nous ferons observer qu'en produisant la destruction complète des couleurs, après le développement, on obtiendra, par cette méthode, des images monochromes parfaitement panchromatisées.

Le procédé que nous avons indiqué en 1893 permet donc d'être généralisé aux plaques panchromatiques.

**Sensibilité de l'œil pour les diverses radiations.** — La sensibilité de l'œil est extrêmement différente pour les diverses radiations spectrales.

Rood donne, dans un tableau, la sensibilité relative de la rétine pour les diverses radiations :

Rouge pourpre . . . . .	80
Rouge pur . . . . .	493
Rouge ordinaire . . . . .	1.400
Rouge orangé . . . . .	2.773
Orangé jaune . . . . .	6.985
Jaune orangé . . . . .	7.891
Jaune vert . . . . .	3.303
Bleu vert . . . . .	4.100
Bleu . . . . .	493
Indigo, bleu d'outre-mer . . . . .	906
Bleu violet . . . . .	359
Violet . . . . .	431

Nous avons reproduit, sous la forme d'un graphique, le tableau de Rood, en portant en ordonnées les valeurs représentant la puissance lumineuse des diverses couleurs pour l'œil, et en abscisses les longueurs d'onde correspondantes à ces diverses couleurs.

On obtient la courbe caractéristique ci-jointe, paraissant se composer de deux branches d'hyperboles, symétriquement disposées par rapport au sommet, correspondant à la couleur jaune orangé.

On peut remarquer sur ce graphique que les couleurs qui ont une luminosité équivalente sur les branches ascendantes et descendantes sont les suivantes :

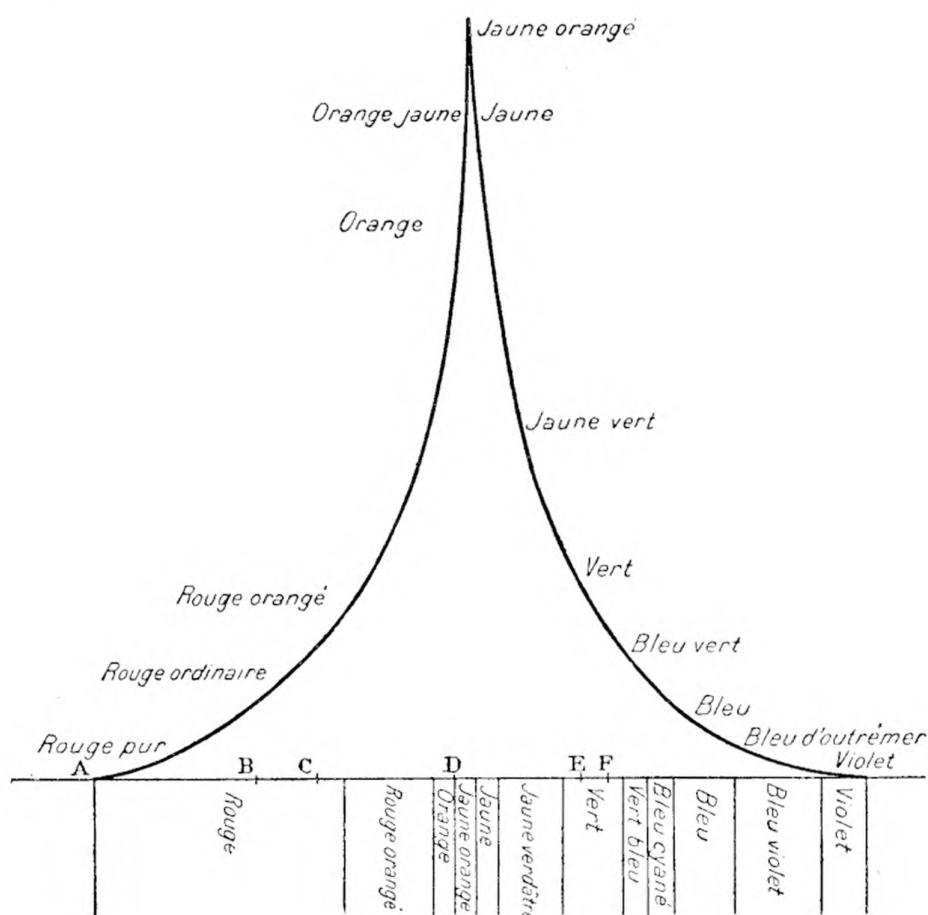
Jaune orangé.	Jaune.
Orangé jaune.	Jaune.
Orangé.	Jaune verdâtre.
Rouge orangé.	Jaune vert et vert.
Rouge ordinaire.	Bleu vert.
Rouge pur.	Bleu.
Rouge foncé.	Violet.

**Sensibilités relatives des plaques ordinaires pour les couleurs, par**

**rapport à celles de l'œil.** — Les plaques photographiques ordinaires « voient » les couleurs à peu près à l'inverse de l'œil.

En effet, la sensibilité de notre œil est environ dix fois plus grande pour le jaune et l'orangé que pour le bleu-violet, tandis que la sensibilité des plaques ordinaires est, au contraire, de dix à vingt fois plus considérable pour les radiations bleu violet que les radiations jaune orangé.

En outre, l'œil possède pour les rouges une sensibilité à peu près égale que pour les bleus, tandis que les plaques ordinaires sont pour ainsi dire insensibles aux radiations rouges.



On reconnaît donc que si l'on avait cherché *à priori* des plaques photographiques devant produire un effet aussi contraire que possible à celui de l'œil, on n'aurait rien pu trouver de mieux que les plaques actuelles au gélatino-bromure.

Ce fait, tout de hasard, est évidemment fort regrettable, car c'est à lui que nous devons les grandes difficultés éprouvées pour la réalisation du panchromatisme et de la photographie des couleurs.

Nous sommes obligés de reconnaître qu'il est nécessaire de s'éloigner du type gélatino-bromure d'argent habituel pour atteindre les résultats recherchés.

Tant que les expérimentateurs ou les fabricants de plaques s'obstineront à rester dans les sentiers battus et qu'ils conserveront l'émulsion de gélatino-bromure à gros grains, les transparents colorés et les révélateurs chimiques, il est à

craindre que les problèmes du panchromatisme et de la photographie des couleurs ne fassent aucun pas sérieux en avant.

Nous avons l'espoir qu'une étude méthodique et complète des nombreux faits qui échappent encore à notre analyse nous donnera la clef de cet important problème.

(Communication au Congrès 1906 des Sociétés savantes).

---

# ÉTUDE SUR LA SENSITOMÉTRIE

## LE NÉGATIF PARFAIT, DENSITÉ, OPACITÉ, TRANSPARENCE

La production d'un tableau parfait au moyen de la photographie est un art ; la production d'un négatif parfait au point de vue technique est une science.

En quoi consiste un négatif parfait ?

Un phototype négatif est en tous points satisfaisant lorsque la quantité de lumière transmise par chacune de ses parties est inversement proportionnelle à celle qu'émettaient les parties correspondantes du sujet original.

En d'autres termes, le négatif est mathématiquement l'inverse de l'original quand l'opacité de ses diverses régions est proportionnelle à la lumière réfléchie par ceux des points du sujet que ces régions représentent.

En vue de bien faire comprendre cette définition, il est nécessaire de rappeler brièvement les lois de l'absorption de la lumière par les substances noires opaques, et de définir sans ambiguïté le sens que nous attachons aux mots « opacité, transparence et densité » du phototype négatif.

La totalité de nos recherches s'appuie sur ces lois.

Pour les substances qui ne réfléchissent pas beaucoup de lumière, comme le sont notamment les corps noirs opaques et les corps transparents colorés, la relation entre la lumière absorbée et la quantité de matière absorbante est très simple.

Si, entre l'œil et une source de lumière, nous plaçons une couche mince d'encre de Chine diluée, cette couche absorbe la lumière et diminue par conséquent l'intensité de la lumière transmise.

Admettons que cette couche absorbe la moitié de la lumière, l'autre moitié étant transmise.

Quelle que soit l'intensité de la lumière originale, l'intensité de la lumière après passage au travers de la couche absorbante sera toujours la moitié de ce qu'elle était.

L'interposition simultanée de deux couches identiques réduira l'intensité lumineuse au  $1/4$  de sa valeur primitive, trois couches, au  $1/8^{\text{e}}$ , etc., chaque couche réduisant de moitié l'intensité lumineuse qui lui est transmise par les couches précédentes.

Si, au contraire, la première couche avait laissé passer seulement  $1/3$  de la lumière, deux couches identiques auraient réduit l'intensité au  $1/9^{\text{e}}$  de sa valeur primitive, trois couches au  $1/27^{\text{e}}$ , etc.

D'une façon générale, un nombre quelconque de couches absorbantes identiques réduit l'intensité lumineuse du faisceau incident à une fraction qui s'obtient en

prenant la fraction que laisse passer la première couche, et élevant cette fraction à une puissance dont l'exposant est égal au nombre des couches employées.

Si  $n$  est le nombre des couches absorbantes, chacune d'elles se laissant traverser par  $\frac{1}{m}$  de la lumière incidente, les  $n$  couches ne se laisseront plus traverser que par  $\left(\frac{1}{m}\right)^n$  de la lumière incidente.

Si au lieu d'employer de telles couches successives, la première couche était amenée à renfermer autant d'encre de Chine que les  $n$  couches successives en contenaient ensemble, nous constaterions que cette unique couche absorbe à elle seule autant de lumière qu'en absorberaient ensemble les  $n$  couches primitives.

La diminution d'intensité est donc due aux particules noires et dépend seulement du nombre de ces particules interposées par unité de surface.

Nous pouvons donc, au lieu du nombre des couches, considérer seulement le nombre des particules  $y$  figurant par unité de surface ; la loi prend alors la forme suivante :

L'intensité  $I_x$  de la lumière après passage sur  $A$  molécules de la substance absorbante est une fraction de l'intensité primitive  $I$  telle que :

$$\frac{I_x}{I} = \left(\frac{1}{C}\right)^A$$

Pour des raisons de commodité mathématique, on exprime généralement cette constante  $\frac{1}{C}$  comme une puissance négative de la base  $e$  des logarithmes népériens,

soit  $\frac{1}{C} = e^{-k}$  ; nous écrirons en conséquence  $\frac{I_x}{I} = e^{-kA}$ , où  $k$  est appelé *coefficient d'absorption*.

Nous aurons fréquemment à employer cette forme de la loi.

La fraction  $\frac{I_x}{I}$  représente et mesure la *transparence* de la substance considérée.

Son inverse  $\frac{I}{I_x} = e^{kA}$  est l'*opacité* de la dite substance. Elle représente si l'on veut l'intensité que doit avoir le faisceau lumineux incident pour que le faisceau transmis soit égal à l'unité.

Dans la suite de nos calculs, nous emploierons la lettre  $O$  pour représenter l'*opacité*, et la lettre  $T$  pour représenter la *transparence*; ces grandeurs sont donc reliées comme suit :

$$O \times T = 1$$

Nous devons de plus définir ce que nous entendons par *densité*, notion que l'on doit se garder de confondre avec celle d'*opacité*.

Par *densité*, nous désignons le nombre de particules de la substance, réparties par unité dans une section normale au faisceau, ce nombre de particules étant multiplié par le coefficient d'*absorption*.

Si  $D$  désigne cette densité, nous avons  $D = KA$ .

En ce qui concerne l'image photographique, la densité est directement proportionnelle à la quantité d'argent déposée par unité de surface et peut être considérée comme une mesure de cette quantité.

Les relations entre les trois termes : transparence, opacité et densité sont donc les suivantes :

$$\begin{aligned} T &= e^{-d} \\ O &= e^d \\ D &= \log e O = -\text{Log } e T \end{aligned}$$

La densité est donc, en définitive, le logarithme de l'opacité.

Pour quelques substances, ces relations sont vraies pour la lumière blanche ordinaire ; pour d'autres substances, elles ne sont vraies que pour certaines lumières monochromatiques ; enfin dans certains cas, ces lois tombent en défaut.

Nous avons tout d'abord constaté avec satisfaction qu'elles sont exactes dans le cas de l'argent déposé à l'état *noir* dans les couches photographiques ; elles ne tombent en défaut que lorsque ce dernier, prenant l'aspect métallique, commence à réfléchir, même en très faible proportion, la lumière incidente.

Au moyen de ces définitions, nous sommes maintenant en mesure d'établir une relation entre les densités aux divers points d'un phototype négatif parfait et les intensités lumineuses qui les ont produites.

Puisque la densité est le logarithme de l'opacité, et puisque dans un phototype parfait les opacités doivent être proportionnelles à l'intensité des faisceaux lumineux qui les ont produites, il en résulte que chaque densité doit être proportionnelle au logarithme de l'intensité lumineuse correspondante (En d'autres termes, la densité est une fonction linéaire du logarithme de l'intensité lumineuse et du temps de pose).

Le résultat est le suivant :

Dans un phototype négatif théoriquement parfait, les quantités d'argent réduit aux différents points sont proportionnelles aux logarithmes des intensités de la lumière provenant des points correspondants de l'objet.

La première question à résoudre est de savoir si, pratiquement, l'on peut produire un tel négatif.

Nous avons dû pour cela trouver une méthode simple pour effectuer la mesure de la densité du dépôt d'argent, puis ensuite, étudier l'influence des révélateurs sur la densité des dépôts ; il nous fut alors possible d'étudier l'influence propre de la lumière.

\*\*\*

### Photomètre pour la mesure des densités des clichés photographiques.

Cet instrument est basé sur la relation énoncée entre l'opacité et la densité.

Nous mesurons l'opacité de la plaque ; mais, en vue d'éviter tous calculs ultérieurs ainsi que l'emploi de la table de logarithmes, l'échelle de l'instrument est graduée

de telle sorte que la lecture indique précisément le logarithme de l'opacité, c'est-à-dire la densité.

Nous préférions exprimer nos résultats en *densités*, car la densité constituant la mesure du dépôt d'argent, la valeur de celui-ci représente précisément celle du travail chimique accompli par la lumière.

L'instrument comprend essentiellement un petit photomètre de Bunsen, analogue à ceux employés pour la mesure du pouvoir éclairant du gaz d'éclairage.

Le disque de papier, avec sa tache de graisse, est placé dans une chambre cubique.

Un oculaire montre, dans deux petits miroirs, les images de l'une et l'autre face de la cloison de papier; l'aspect de ces deux faces peut être ainsi aisément comparé.

La chambre coulisse le long d'une tige droite, au moyen d'une clé, reliée à l'une des deux poulies sur lesquelles passe une corde sans fin attachée à la chambre.

Tout ce dispositif est enfermé dans une grande caisse, à chacune des extrémités de laquelle est ménagée une ouverture admettant la lumière d'une puissante lampe à pétrole. Correspondant exactement avec ces ouvertures, des ouvertures analogues ont été pratiquées sur les côtés de la petite chambre, qui admet ainsi la lumière de l'un et de l'autre côté du disque de Bunsen.

Nous jugeons utile de tout noircir à l'intérieur de la boîte, à l'exception seulement des graduations; il est également indispensable d'arrêter toute lumière parasite, au moyen d'écrans convenablement placés.

En protégeant les parois de la boîte par du carton d'amiante et des feuilles métalliques, nous évitons les accidents pouvant résulter de la chaleur développée par les lampes.

L'ouverture gauche de la grande caisse est réduite à environ 0 cm. 6 de diamètre, au moyen d'un diaphragme. C'est de ce côté que se trouve placée la plaque dont on désire mesurer la densité, en la maintenant en position au moyen de ressorts.

L'ouverture de droite est limitée par un diaphragme rectangulaire de 0 cm. 6 de large sur 1 cm. 2 de haut.

La hauteur de ce diaphragme peut être réduite à volonté par le jeu d'un autre diaphragme obturateur.

L'instrument est muni de deux graduations : l'une fixe, l'autre mobile, dont nous allons indiquer la construction ainsi que l'usage.

L'échelle fixe indique la position de l'écran translucide du photomètre ; elle est construite comme suit :

Supposons que la lampe de gauche donne une lumière d'intensité  $I_1$ , et celle de droite une lumière d'intensité  $I_2$  et que les deux lampes soient équidistantes du centre de l'instrument, leur distance commune à ce point étant  $l$ .

Il en résulte que lorsque l'écran de Bunsen s'est déplacé à une distance  $x$  du centre telle que

$$\frac{I_1}{(l-x)^2} = \frac{I_2}{(l+x)^2} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{(l-x)^2}{(l+x)^2}$$

les deux images de la tache sont identiques.

Si maintenant l'on interpose une plaque qui réduise l'intensité lumineuse de la valeur  $I_1$  à la valeur  $i$ , le photomètre doit être rapproché de la plaque pour que les deux images paraissent à nouveau identiques.

Supposons que la distance des photomètres au centre soit  $y$ , on a alors :

$$\frac{i}{(l-y)^2} = \frac{I_2}{(l+y)^2} \text{ ou } \frac{I_2}{i} = \frac{(l+y)^2}{(l-y)^2}$$

multipliant les deux équations membre à membre, nous obtenons l'*opacité*.

$$\frac{I_1}{i} = \left(\frac{l-x}{l+x}\right)^2 \left(\frac{l+y}{l-y}\right)^2$$

Passons de là aux logarithmes, nous avons, puisque  $\log. \frac{I^4}{l}$  est la densité D de la plaque

$$D = \log. \left(\frac{l+y}{l-y}\right)^2 - \log. \left(\frac{l+x}{l-x}\right)^2$$

Si donc aux distances  $x$  et  $y$  du centre nous écrivons sur la graduation les valeurs de  $\log. \left(\frac{l+x}{l-x}\right)^2$  et de  $\log. \left(\frac{l+y}{l-y}\right)^2$ , il nous suffit de lire ces logarithmes, puis d'en faire la différence pour obtenir la densité de la plaque.

Pour la commodité, nous employons alors les logarithmes vulgaires de préférence aux logarithmes népériens.

Les erreurs provenant de l'incertitude sur la distance des lampes sont évitées, par le choix des ouvertures dont les dimensions sont très petites, en comparaison de celles des flammes. Dans ces conditions, l'on peut démontrer que la distance  $l$  doit être mesurée du centre de l'instrument au diaphragme.

La table suivante donne les distances relatives des divers points de l'échelle au centre de l'instrument, pour lesquels le logarithme de  $\frac{l+x}{l-x}$  a la valeur : 0,1 ; 0,2 ; 0,3, etc.,  $l$  représentant la demi-distance du diaphragme.

Une échelle mobile est attachée au bord supérieur du diaphragme obturateur qui est employé pour réduire la quantité de lumière admise par l'ouverture rectangulaire.

Cette pièce est une feuille de métal d'environ 30 cm.  $\times$  5 cm. dans laquelle on a découpé une ouverture triangulaire mesurant environ 25 cm. de la base au sommet et 12 mm. de largeur de base.

Il est essentiel que les côtés de ce triangle soient rigoureusement des lignes droites ; l'échelle fixée à ce diaphragme est construite comme suit :

Du sommet nous mesurons exactement 24 cm. dans la direction de la base : nous obtenons ainsi le point 0 de la graduation.

Les autres points sont gradués de façon à permettre la lecture immédiate des densités.

A une distance  $x$  du sommet, la surface de l'ouverture, et avec elle l'intensité

de la lumière sera réduite dans le rapport de 10 à  $x$ , et le logarithme vulgaire de la fraction  $\frac{10}{x}$  est la densité correspondante que l'on note sur la graduation.

Pour la commodité, nous indiquons ci-dessous les distances du sommet auxquelles doivent être placés les nombres : 0,1 ; 0,2 ; etc.

$\text{Log. } \left( \frac{l+x}{l-x} \right)^2$	Distance $x$ au centre de l'instrument
0,100	$l \times 0,037$
0,200	— 0,114
0,300	— 0,171
0,400	— 0,226
0,500	— 0,280
0,600	— 0,332
0,700	— 0,382
0,800	— 0,430
0,900	— 0,476
1,000	— 0,519
1,100	— 0,560
1,200	— 0,599
1,300	— 0,634
1,400	— 0,667
1,500	— 0,698
1,600	— 0,726
1,700	— 0,752
ETC.	ETC.

Table 1. — Echelle fixe de l'instrument

Les points intermédiaires sont obtenus par des divisions en parties égales.

Un index fixé à l'intérieur de la boîte sur le centre de l'ouverture rectangulaire indique quel est le nombre qu'on doit lire.

Deux exemples montreront l'usage de l'instrument :

1<sup>o</sup> Quand on mesure une faible densité, nous amenons la graduation mobile au 0, puis nous déplaçons le photomètre jusqu'à identité des images de la tache.

Nous interposons alors la plaque à mesurer, et, sans modifier la position du photomètre, nous manœuvrons la graduation mobile jusqu'à ramener l'égalité; l'index fixe donne alors sur la règle mobile, la valeur de la densité.

2<sup>o</sup> Dans le cas d'une grande densité, nous amenons la graduation mobile au 0, et, en plaçant un morceau de verre dépoli entre le diaphragme et la lampe, nous réduisons l'intensité du faisceau lumineux de droite jusqu'à ce qu'on puisse, en poussant le photomètre presque jusqu'à l'extrême droite, assurer l'égalité d'éclairage de part et d'autre de la tache. S'il est nécessaire, on peut même encore éloigner tant soit peu la lampe.

Ce résultat une fois obtenu, on lit le nombre indiqué sur la graduation fixe par le curseur du photomètre.

La plaque à étudier est alors fixée en place, et le photomètre ramené vers la gauche pour réaliser à nouveau l'égalité. Si l'on n'y pouvait parvenir par le simple déplacement du photomètre, l'on terminerait en réduisant l'ouverture du diaphragme variable.

Supposons qu'avant l'introduction de la plaque le curseur ait occupé la position 1,100 à droite, et après l'interposition de la plaque, la division 1,55 à gauche, la densité est alors  $1,100 + 1,55 = 2,65$ .

Si l'index a été arrêté comme ci-dessus à 1,100 à droite, puis poussé ensuite jusqu'à 1,7 à gauche et que l'égalité d'éclairage n'ait pu être ainsi réalisée, nous utilisons le diaphragme variable.

Supposons l'égalité obtenue quand ce dernier marque 0,75, la densité est alors :  $1,100 + 1,7 + 0,75 = 3,55$ .

Des nombres supérieurs à 3,55 ne se rencontrent jamais dans les négatifs ordi-

naires. Une plaque dont la densité atteint cette limite ne transmet plus en effet que  $\frac{1}{3548}$  de la lumière incidente.

En résumé, la règle générale pour lire la densité est : considérer les nombres à droite du 0 comme négatifs, à gauche comme positifs ; retrancher la première lecture de la seconde : le résultat est la densité.

Si l'on a déplacé l'échelle mobile, le nombre qu'elle indique doit être ajouté au résultat précédent.

Il est à peine besoin d'indiquer qu'une plaque de densité 1 permet le passage de  $\frac{1}{10}$  de la lumière incidente, et qu'une plaque de densité 2 n'admet plus que

$\frac{1}{100^e}$  de cette lumière ; 1 est, en effet, le logarithme de 10, 2 celui de 100.

Par l'emploi de cet instrument, nous avons obtenu des résultats très précis ; les analyses indiquées ci-dessous, effectuées sur des mélanges d'encre de Chine, d'indigo et de diverses autres substances, montrent quel degré d'approximation l'on peut atteindre.

1<sup>o</sup> *Expériences avec de l'encre de Chine.* — Une solution d'encre de Chine était mêlée à de l'eau en proportions connues, et la densité de l'une de ces solutions une fois déterminée, on pouvait en déduire par le calcul celle de toutes les autres, proportionnellement à la quantité d'encre employée.

La table suivante montre les résultats des mesures directes comparés à ceux donnés par le calcul.

La plus forte des erreurs commises n'atteint pas 4 % de la quantité totale, et de meilleurs résultats pourraient encore être obtenus en prenant les moyennes de plusieurs lectures.

Mais, ce degré de précision est absolument suffisant pour les applications photographiques où, par suite de diverses causes, de plus grandes erreurs peuvent souvent intervenir.

Lorsqu'on utilise l'instrument pour l'analyse de solutions de sels colorés, une difficulté particulière résulte de la différence de coloration des deux images du photomètre ; on en vient aisément à bout en visant ces images au travers d'un verre coloré de nuance convenable. Ainsi pour les expériences ci-dessous sur l'indigo, un verre bleu foncé a été utilisé.

Ici, l'erreur n'atteint pas 5 %, malgré cette nouvelle difficulté.

Les lampes servant à l'éclairage du photomètre doivent être puissantes, brûlant du pétrole, du type « Duplex » ; les flammes doivent être planes et perpendiculaires à l'axe de l'instrument. Elles seront placées contre les diaphragmes et il est bon de disposer en avant de ceux-ci, des rainures en vue de recevoir un verre coloré, si la nature de la substance examinée l'exige.

Log. $\frac{x}{10}$	Distances au sommet
0,00	40 pouces.
0,05	8,94
0,10	7,94
0,20	6,31
0,30	5,01
0,40	4 »
0,50	3,46
0,60	2,51
0,70	2 »
0,80	4,58
0,90	4,28
1,00	4,60

Table 2. — Echelle mobile.

L'expérience nous a démontré que l'emploi des brûleurs d'Argaud ne donnait que des résultats forts incorrects.

ENCRE de Chine dans 100 cc. d'eau	DENSITÉ calculée	DENSITÉ observée	QUANTITÉ d'encre de Chine déduite de l'observation
5 cc.	» »	0,240	» »
10 cc.	0,480	0,500	10,42
15 cc.	0,720	0,750	15,62
20 cc.	0,960	0,950	19,80
25 cc.	1,200	1,245	25,90
30 cc.	1,440	1,440	30 »
35 cc.	1,680	1,665	34,70
40 cc.	1,920	1,885	39,30

#### *Expériences sur l'indigo :*

QUANTITÉ d'indigo employé	DENSITÉ calculée	DENSITÉ observée	QUANTITÉ d'indigo déduite de l'observation
100 cc.	1,554	1,487	96 cc.
50 cc.	0,777	0,787	50 cc. 6
25 cc.	0,388	0,375	24 cc. 6
10 cc.	» »	0,455	» »

Le capitaine Abney a combiné un appareil pour la mesure des transparences ; sa partie essentielle est un photomètre à ombres de Rumford, et un secteur tournant qui peut être ouvert ou fermé pendant sa rotation, de façon à constituer une transparence bien définie.

Or, d'une part, le photomètre de Bunsen est plus sensible que celui de Rumford et, d'autre part, il ne semble pas que la quantité de lumière passant au travers d'un secteur mobile soit proportionnelle à l'angle vide de ce secteur.

Si  $I$  est l'intensité incidente,  $I_x$  l'intensité après passage au travers de cet appareil  $\varphi$ , l'angle vide du disque et  $C$  une constante qui dépend dans chaque cas des positions relatives de la lampe, du secteur et de l'écran, et est dû vraisemblablement au phénomène de pénombre, on peut déterminer expérimentalement la relation :

$$I_x = I \frac{\varphi}{360} + C$$

L'erreur due à cette constante est faible avec les plaques de basse densité, mais

elle s'élève à plus de 100 % avec les plaques très denses, ce qui entraîne à des résultats fantaisistes.

Nous avons cru nécessaire de nous étendre aussi longuement sur la description de notre instrument, car nous le considérons comme très important.

Il est aussi indispensable pour les expériences photographiques que l'est la balance pour l'analyse chimique.

F. HURTER ET V.-C. DRIEFFIELD.

*The Journal of the Soc. Cheminal Industry : May 31, 1890.*

Traduit de l'anglais, par L.-P. CLERC.

---

## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

---

**Action de la lumière sur la solution de sulfate uranique dans le glycol.**

Du sulfate uranique est dissous dans une petite quantité d'eau ; on ajoute un fort excès de glycol ; le tout est placé dans un petit malras, puis exposé au soleil. Au bout de deux heures, le liquide est entièrement vert ; au bout de deux heures trente minutes, le sulfate uraneux se précipite abondamment. Si l'on répète cette expérience en remplaçant le glycol par la glycérine, on n'observe aucun changement de coloration, si ce n'est un léger verdissement, et aucune précipitation, même au bout de quinze mois. Cette réaction peut servir à distinguer le glycol d'avec la glycérine.

(OECHSNER DE CONINCK, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, n° 7, 8 juillet 1903.)

**Importance de la tension superficielle dans la photographie au gélatino-bromure d'argent et nouvelle action de la lumière.**

L'opération dite mûrissement des plaques au gélatinobromure d'argent les rend beaucoup plus sensibles à l'action de la lumière. Les grains qui prennent naissance pendant cette opération sont formés d'un gélatinobromure huileux A et non de bromure d'argent.

Dans le gélatinobromure non mûri, les grains de gélatinobromure huileux sont enveloppés d'une membrane d'épaisseur inappréciable formée de gélatine plus hydratée et plus pauvre en bromure C. Pendant le mûrissement, la surface de cette membrane diminue, son épaisseur augmente, et elle se sursature de bromure d'argent. De cette solution sursaturée, se séparent lentement des particules invisibles de bromure qui restent en suspension dans la membrane. Au moment du refroidissement, les liquides A et C se solidifient, ou tout au moins deviennent très visqueux.

Les procédés de photographie pratique, après avoir accru la surface de ces liquides A et C, la font diminuer de nouveau par l'addition d'un liquide étranger (brome, ammoniaque, alcool) et provoquent ainsi la séparation de grains invisibles de bromure d'argent.

Sous l'influence de la lumière, le bromure se dédouble en brome et métal. Le premier se diffuse sur la surface du gélatinobromure A, les grains d'argent métallique adhèrent à la surface de A et à celle de C, forment l'image latente et servent d'amorce à la précipitation d'autres points de métal, précipitation provoquée par les développeurs.

Avec le temps, les plaques perdent de leur sensibilité parce qu'une partie du bromure précipité se redissout ou que les parois de gélatinobromure se solidifient.

L'action de la lumière sur le bromure d'argent est un effet de résonance : elle est d'autant plus intense que l'amplitude d'oscillation des particules est plus petite.

Cette manière de voir explique nombre de faits observés en photographie.

(G. QUINCKE, *Drudes' Annalen der physik*, t. XI, n° 8 a et n° 86, p. 1100-1121,  
résumé par M. LAMOTTE dans le *Journal de Physique*.)

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

SUR  
LE PHÉNOMÈNE DE L'INSOLUBILISATION DE LA GÉLATINE  
DANS LE DÉVELOPPEMENT

ET EN PARTICULIÈRE DANS L'EMPLOI DES BÉYÉLATEURS A L'ACIDE PYROGALLIQUE

Par A. et L. Lumière et A. Sevewetz

Les révélateurs à l'acide pyrogallique jouissent seuls jusqu'ici, parmi les dévelopeurs, de la propriété d'insolubiliser la gélatine des phototypes pendant le développement.

Cette insolubilisation est, comme on le sait, à peine marquée dans les parties transparentes du cliché, mais elle est complète dans les portions renfermant une quantité suffisante d'argent réduit.

Dans la présente étude, nous avons examiné d'une part si ce phénomène d'insolubilisation est dû aux réactions qui se produisent dans le développement, ou bien s'il peut se manifester en l'absence de sel d'argent réductible par le révélateur. Nous avons, d'autre part, cherché à élucider le rôle de l'acide pyrogallique dans la production du phénomène et déterminé si les conditions remplies par les développeurs à l'acide pyrogallique dans cette insolubilisation ne peuvent pas être réalisées avec d'autres révélateurs.

I

Dans le but de vérifier si l'opération du développement est indispensable pour qu'il y ait insolubilisation de la gélatine par les solutions révélatrices à base d'acide pyrogallique, nous avons immérité des feuilles de gélatine dans un révélateur ayant la composition suivante :

Eau . . . . .	4,000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	30 gr.
Acide pyrogallique . . . . .	40 gr.
Carbonate de soude anhydre. . . . .	30 gr.

Nous avons constaté que ces feuilles de gélatine ne paraissent pas subir d'insolubilisation appréciable quand elles ne restent immergées dans ce révélateur que pendant le temps habituellement nécessaire pour le développement (10 minutes environ). Cette insolubilisation ne se produit, du reste, pas mieux en prolongeant pendant une heure la durée du contact avec la solution pyrogallique. Si l'on rem-

place, dans l'expérience précédente, les feuilles de gélatine par des clichés développés dans un révélateur n'insolubilisant pas la gélatine pendant le développement, l'insolubilisation n'a pas lieu, même dans les parties contenant beaucoup d'argent réduit. Ce n'est donc pas à la seule présence de l'argent qu'il faut attribuer l'insolubilisation.

En abandonnant pendant plusieurs jours les feuilles de gélatine ou les clichés des expériences précédentes dans le révélateur pyrogallique exposé à l'air, nous avons constaté qu'après le troisième jour de contact, on obtient l'insolubilisation complète de la gélatine seule ou renfermant de l'argent réduit.

Ces expériences montrent que la production de l'insolubilisation peut s'effectuer en dehors du développement, mais que ce dernier l'active néanmoins considérablement dans les parties où il se forme de l'argent réduit. Pour expliquer ce phénomène, nous avons cherché d'abord à analyser la réaction produite en l'absence de sel d'argent.

Dans ce but, nous avons étudié méthodiquement l'action insolubilisatrice de l'acide pyrogallique en solution aqueuse dans différentes conditions.

Des feuilles de gélatine ont été mises à digérer dans des flacons à large ouverture à moitié pleins de liquide et renfermant des solutions ayant la composition suivante :

- 1) Acide pyrogallique à 1 % ;
- 2) Acide pyrogallique à 1 % + 3 % carbonate de soude anhydre ;
- 3) Acide pyrogallique à 1 % + 3 % carbonate de soude anhydre + 3 % sulfite de soude anhydre.

La solution 2) a produit l'insolubilisation totale après le deuxième jour de contact.

La solution 3) n'a produit ce résultat qu'après le quatrième jour.

La solution 1) après un mois de contact n'a pas produit d'insolubilisation appréciable.

On peut constater que la solution 2) qui amène le plus vite l'insolubilisation est celle qui brunit le plus rapidement en absorbant l'oxygène de l'air. La solution 3) brunit plus lentement que la précédente, mais elle est notablement colorée quand l'insolubilisation totale est obtenue ; enfin la solution 1) ne se colore que faiblement à la longue.

Ces résultats nous ont conduits à supposer que l'oxygène de l'air intervient dans la production de l'insolubilisation. Pour nous en assurer, nous avons répété les expériences précédentes en opérant dans des flacons fermés, à l'abri de l'oxygène de l'air. Dans ces conditions, aucune des solutions n'a produit le phénomène qui nous occupe, même après un mois de contact, ce qui semble confirmer notre hypothèse.

## II

Les recherches précédentes nous ayant montré la nécessité de faire intervenir l'oxydation du révélateur pour insolubiliser la gélatine, nous avons pensé qu'on

pourrait obtenir le même résultat avec d'autres révélateurs que l'acide pyrogallique, en favorisant leur oxydation à l'air. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons répété, avec les principaux révélateurs usuels, la même série d'expériences qu'avec l'acide pyrogallique en opérant comparativement, d'une part avec des solutions exposées à l'air, d'autre part, avec des solutions à l'abri de l'air.

Chaque jour, on prélevait un échantillon de gélatine dans les divers flacons sur lequel on essayait l'action de l'eau bouillante. Les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau suivant :

Pour vérifier si ce sont bien les produits d'oxydation et non le révélateur lui-même qui déterminent l'insolubilisation, nous avons essayé l'action sur la gélatine d'un de ces produits d'oxydation bien connus, la **quinone**. Ce corps, qui se forme dans l'oxydation de l'hydroquinone, prend également naissance, comme on le sait, dans le développement à l'hydroquinone.

Nous avons constaté qu'une solution aqueuse saturée à froid de quinone (à  $\frac{1}{2}\%$ ) insolubilise la gélatine au bout de peu de temps en l'absence d'air, tandis que l'hydroquinone est sans action sur la gélatine. Cette solution de quinone, ajoutée en quantité convenable à une solution de gélatine, se mélange très bien avec elle, mais lorsque la gélatine est prise en gelée elle est devenue infusible dans l'eau bouillante (20 cc. solution de quinone à 0,5 % insolubilisent 100 cc. de solution de gélatine à 10 %). L'insolubilisation est tout à fait comparable à celle que donne l'alun de chrome ou la formaldéhyde. La gélatine se colore en jaune brun dans cette insolubilisation.

On peut, du reste, avec la solution de quinone à 0,5 %, insolubiliser la gélatine d'un phototype comme avec le formol ou le formolène.

### III

Les expériences précédentes paraissent montrer nettement que si l'on n'obtient pas normalement l'insolubilisation de la gélatine avec d'autres révélateurs qu'avec l'acide pyrogallique, c'est que ceux-ci n'absorbent que très lentement l'oxygène de l'air en présence de sulfite de soude. Dès qu'ils sont, en effet, dans les conditions favorables à leur oxydation, l'insolubilisation se manifeste.

Il y a pourtant lieu de remarquer qu'avec le paramidophénol on n'obtient dans aucun cas l'insolubilisation complète et que le chlorhydrate de diamidophénol, additionné d'un carbonate alcalin, insolubilise plus rapidement la gélatine en présence du sulfite que sans sulfite. Le cas particulier du paramidophénol peut s'expliquer peut-être, par le fait que le produit d'oxydation du paramidophénol est insoluble dans l'eau et peu soluble dans les solutions de sulfite de soude. Avec le diamidophénol, on voit également se former, dans l'oxydation de la solution exempte de sulfite, un précipité qu'on ne remarque pas en présence de sulfite et de carbonate alcalin. Dans ce dernier cas, la solution s'oxyde plus lentement qu'en l'absence de sulfite, mais absorbe sans doute encore assez rapidement l'oxygène de l'air pour produire l'insolubilisation.

Il est, croyons-nous, facile de concevoir, d'après les expériences précédentes, le

Temps approximativement nécessaire pour obtenir l'insolubilisation de la gélatine dans l'eau bouillante.

NOMS DES RÉVÉLATEURS	SOLUTION AQUEUSE A 1 0/0		SOLUTION AQUEUSE + 3 0/0 carbonate de soude anhydre		SOLUTION AQUEUSE A 1 0/0 + 3 0/0 carbonate de soude anhydre + 3 0/0 sulfite de soude.	
	Au contact de l'air	A l'abri de l'air	Au contact de l'air	A l'abri de l'air	Au contact de l'air	A l'abri de l'air
	Gélatine fond facilement même après 1 mois	Gélatine fond facilement même après 1 mois	Gélatine insolubilisée après 1 jour 1/2	Gélatine fond facilement même après 1 mois	Gélatine insolubilisée après 3 jours 1/2	Gélatine fond facilement même après 1 mois.
Acide pyrogallique . . .	"	"	" 4 jour	"	"	"
Hydroquinone . . .	"	"	" 2 jours	"	"	"
Pyrocatechine . . .	"	"	La gélatine n'est insolubilisée que partiellement même après 1 mois.	"	"	"
Paramidophénol (base)	"	"	Gélatine insolubilisée après 1 jour	"	Gélatine insolubilisée après 3 jours	"
Diamidophénol (chlorhydrate) . . . . .	"	"	" 1 jour	"	" 4 jour 1/2	"
Diamidorésorcine (chlorhydrate) . . . . .	"	"	" 2 jours	"	Gélatine fond même après 4 mois	"
Métoquinone . . . . .	"	"	" 2 jours	"	"	"
Adurol . . . . .	"	"	" 2 jours	"	"	"
Paraphénylénediamine	"	"	Gélatine fond même après 1 mois	"	"	"
Iconogène . . . . .	"	"	Gélatine insolubilisée après 6 jours	"	"	"
Métol. . . . .	"	"	" 5 jours	"	"	"
Glycine . . . . .	"	"	Gélatine fond facilement même après 1 mois	"	"	"

mécanisme de l'insolubilisation de la gélatine au cours du développement à l'acide pyrogallique et la raison pour laquelle l'insolubilisation est plus complète dans les parties où l'argent a été réduit par le révélateur.

On peut supposer, en effet, que l'acide pyrogallique s'oxyde sous l'action du brome du bromure d'argent et que ce produit d'oxydation, qui subsiste en présence de sulfite de soude, insolubilise la gélatine comme le ferait la quinone que nous avons expérimentée à l'état libre.

Quant aux autres révélateurs, s'ils n'amènent pas l'insolubilisation de la gélatine dans les conditions habituelles de leur utilisation, c'est vraisemblablement parce que leurs produits d'oxydation, qui prennent naissance au cours du développement, sont réduits facilement par le sulfite de soude contenu dans le révélateur.

---

SUR

# L'INSOLUBILISATION DE LA GÉLATINE PAR LES PRODUITS D'OXYDATION A L'AIDE DES CORPS A FONCTION PHÉNOLIQUE

PAR A. ET L. LUMIÈRE ET A. SEYEWETZ

Nous avons montré dans une précédente étude que l'insolubilisation de la gélatine produite par les révélateurs à l'acide pyrogallique n'est pas due à l'acide pyrogallique lui-même, mais à son produit d'oxydation (1).

Nous avons également montré la possibilité d'obtenir, dans certaines conditions, une insolubilisation de la gélatine comparable à celle que l'on produit avec l'acide pyrogallique au moyen des divers révélateurs usuels à fonction phénolique.

Dans l'étude suivante, nous avons examiné si cette propriété insolubilisante est particulière aux composés phénoliques doués de propriétés révélatrices ou bien si elle est commune à tous les corps phénoliques. Dans ce but, nous avons fait agir sur la gélatine les principaux phénols n'ayant pas de propriétés développatrices, en opérant dans les trois conditions suivantes :

- a) Avec la solution aqueuse à 1 %;
- b) Avec la solution aqueuse à 1 %, additionnée de 3 % de carbonate de soude anhydre ;
- c) Avec la solution aqueuse à 1 %, additionnée de 3 % de carbonate de soude anhydre et de 3 % de sulfite de soude anhydre.

Les essais ont été faits comparativement dans des flacons ouverts et à moitié pleins et dans des flacons pleins et bouchés, en employant les substances suivantes :

*Phénol ordinaire, Paracrésol,  $\alpha$  Naphtol,  $\beta$  Naphtol, Résorcine, Acide gallique, Tanin (acide gallotannique), Dioxynaphtaline, Phloroglucine, Acide salicylique, Paranitrophénol,  $\alpha$  Naphtol monosulfonate de sodium (1-4),  $\beta$  Naphtodisulfonate de sodium (sel R) (2, 3, 6).*

En opérant dans des flacons fermés, aucune des solutions précédentes n'a produit l'insolubilisation de la gélatine dans l'eau bouillante.

Par contre, dans les expériences faites au contact de l'air, l'insolubilisation s'est produite avec quelques-unes de ces solutions que nous avons déjà observées avec les révélateurs à fonction phénolique, c'est-à-dire en présence du carbonate de soude.

Les résultats des essais avec les solutions ayant produit l'insolubilisation sont consignés dans le tableau suivant :

(1) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1906.

Solutions à 4 0/0 additionnées de 3 0/0 de carbonate de soude anhydre et exposées à l'air	Temps approximativement nécessaire pour produire l'insolubilisation dans l'eau bouillante.
Acide gallique . . . . .	2 jours
Tannin (acide gallotannique) . . . . .	4 jours
$\alpha$ Naphtol . . . . .	25 jours
$\beta$ Naphtol . . . . .	5 jours (1)
Résorciné . . . . .	45 jours
Phloroglucine . . . . .	5 jours
Dioxynaphtaline . . . . .	5 jours

Les solutions alcalines les plus facilement oxydables, comme celles qui renferment l'acide gallique et le tannin, peuvent, à la longue, insolubiliser la gélatine en présence de sulfite, sans doute parce que ces solutions s'oxydent peu à peu malgré la présence du sulfite.

Toutes les solutions ayant produit l'insolubilisation sont colorées en brun plus ou moins foncé. La gélatine insolubilisée est elle-même d'une couleur variant du brun clair au rouge brun.

Ces résultats montrent donc que les composés phénoliques possédant des propriétés développatrices ne sont pas les seuls phénols susceptibles d'insolubiliser la gélatine; cependant la fonction développatrice joue un rôle important dans la rapidité avec laquelle l'insolubilisation s'effectue.

La résorciné, par exemple, ne produit l'insolubilisation qu'après un mois et demi, tandis que dans les mêmes conditions l'hydroquinone agit en un jour et la pyrocatechine en deux jours. Les résultats obtenus avec la résorciné montrent en outre que les composés quinoniques ne sont pas (2) les seuls produits d'oxydation qui déterminent l'insolubilisation, parce qu'on ne conçoit pas la formation de quinone avec la résorciné.

Enfin, il est curieux de constater que le tannin lui-même n'exerce son action insolubilisante qu'en présence de l'air et en milieu alcalin. On peut, croyons-nous, rapprocher ce résultat obtenu avec la gélatine, du tannage des peaux et par analogie, supposer que dans l'opération du tannage l'oxygène de l'air joue un rôle important qui pourrait expliquer le mécanisme des divers traitements que l'on est obligé de faire subir aux peaux pour obtenir un bon tannage.

(1) Dans l'oxydation de l' $\alpha$  naphtol, il se forme un précipité brun qu'on n'observe pas avec le  $\beta$  naphtol et qui explique peut-être l'insolubilisation plus rapide avec ce dernier.

(2) Comme pourraient le faire supposer les résultats que nous avons obtenus avec la quinone ordinaire (*Bulletin de la Société française de Photographie*, 1906).

En résumé, on peut insolubiliser la gélatine, non seulement avec les composés phénoliques possédant des propriétés révélatrices, mais aussi avec un certain nombre de phénols non développateurs, facilement oxydables en solution alcaline, dont les plus actifs sont l'acide gallique et le tannin.

Ces corps ne semblent pouvoir exercer leur action insolubilisante qu'en solution alcaline et en présence de l'oxygène de l'air et leur action paraît d'autant plus efficace qu'ils s'oxydent plus facilement en solution alcaline.

---

# ACTION DES ALUNS & DES SELS D'ALUMINE SUR LA GÉLATINE

PAR MM. A. ET L. LUMIÈRE ET A. SEYEWETZ

Les aluns possèdent, comme on sait, la propriété de durcir la gélatine et d'élever la température de gélification de ses solutions aqueuses.

Ce phénomène ne paraît pas encore avoir été étudié d'une façon précise (1). On le considérait jusqu'ici comme analogue à l'insolubilisation provoquée par les sels chromiques. Nous nous sommes proposé d'analyser cette question et d'étudier notamment les points suivants :

1<sup>o</sup> Influence de la nature des composés d'alumine employés pour éléver la température de gélification des solutions de gélatine.

2<sup>o</sup> Influence des quantités de ces composés et de la concentration de la solution de gélatine sur le point de gélification.

3<sup>o</sup> et 4<sup>o</sup> Constitution et propriétés de la gélatine aluminée.

## I

### Influence de la nature des composés d'alumine sur la température de gélification.

Indépendamment du sulfate d'alumine et des aluns de potasse et d'ammoniaque, dont les effets étaient déjà connus, nous avons étudié l'action exercée sur les solutions gélatineuses par les sels d'aluminium suivants : chlorure, bromure et nitrate.

Nous avons pu constater que ces sels déterminent sensiblement la même élévation du point de gélification pour la même proportion d'alumine (2).

(1) Cette propriété paraît pouvoir être rapprochée de celle que l'on a constatée dans la tannerie sur les peaux traitées par l'alun ou le sulfate d'alumine (hongroyage).

Les travaux de KNEPP et de REINER (*Dingler's polytechn. journal*, 1866), p. 311 et 4872, p. 358); de PHILIPP (*Zeitsch. f. angewandte Chemie*, 1877, p. 680), ont conduit ces auteurs à émettre diverses hypothèses sur la composition des peaux ainsi traitées, mais sans qu'on puisse tirer de ces travaux des conclusions certaines (Voyez aussi *La Tannerie*, par L. MEUNIER et VANAY, p. 413).

(2) Le point de gélification des solutions de gélatine additionnée de sels d'alumine est plus difficile à apprécier que lorsque ces solutions sont exemptes d'alumine. Ces dernières passant, en effet, de l'état liquide à l'état solide dans l'intervalle d'un degré environ, dès que la masse en se refroidissant arrive à l'état pâteux, on se trouve dans le voisinage du point de gélification. En présence de sels d'alumine, au contraire, la solution reste pâteuse longtemps avant d'arriver à l'état solide ; la masse est déjà visqueuse dans certains cas, quand sa température est éloignée de 45° du point de gélification. En outre, la viscosité varie avec les sels d'alumine employés et elle augmente au fur et à mesure qu'on se rapproche de ce point. Nous considérons

Les mêmes effets peuvent d'ailleurs être provoqués, bien qu'un peu plus faiblement, au moyen de l'alumine à l'état naissant, obtenue par l'action au sein de la solution gélatineuse de quantités équimoléculaires d'ammoniaque et d'alun.

Un excès d'ammoniaque empêche l'action de l'alumine de se manifester.

Lessels basiques résultant de l'exacte neutralisation de l'alun par l'ammoniaque se comportent de la même manière que l'alun non neutralisé.

Enfin, les alumates alcalins n'exercent aucune influence sur la température de gélification.

## II

### Influence de la quantité des composés d'alumine sur la gélification.

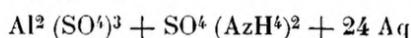
En opérant avec des solutions de gélatine à 7,5 %, nous avons constaté que de très faibles proportions d'alun ou de sel d'alumine élèvent déjà sensiblement la température de gélification.

Cette température monte d'un degré avec 0 gr. 107 d'alumine pour 100 gr. de gélatine. Au fur et à mesure que l'on augmente la proportion des composés aluminaux, on constate que le point de gélification s'élève et cela jusqu'à une teneur correspondant approximativement à 0 gr. 64 d'alumine pour 100 gr. de gélatine : la température de gélification s'est alors accrue de 6 degrés environ. Cet effet maximum résulte donc de l'introduction des poids suivants des divers composés d'alumine dans 100 gr. de gélatine (poids qui correspondent à 0,64 d'alumine) :

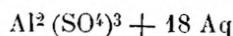
6 grammes d'alun de potasse :



5 gr. 6 d'alun d'ammoniaque :



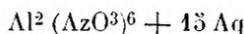
4 gr. 2 de sulfate d'aluminium :



4 gr. 6 de chlorure d'aluminium anhydre :



4 gr. 3 de nitrate d'aluminium :



Si l'on dépasse ces poids, l'effet de l'alunage n'est pas augmenté.

Lorsqu'on fait varier la teneur en gélatine, on constate que l'élévation maxima du point de gélification varie également. Elle est de 7° pour une solution de gélatine à 12 % et de 3° lorsque le titre de gélatine descend à 5 %. Quelle que soit la concentration de la solution gélatineuse, ce sont toujours les mêmes poids d'alun

que la gélification est obtenue lorsqu'en agitant le mélange avec le thermomètre et retirant celui-ci verticalement, la petite quantité de mélange adhérant au thermomètre y reste solidifiée sans s'écouler.

qui produisent les effets maxima (soit 6 gr. d'alun de potasse, c'est-à-dire 0 gr. 64 d'alumine par 100 gr. de solution de gélatine).

### III

#### Composition de la gélatine modifiée par les sels d'alumine.

Si l'on coule en couche mince, sur une plaque de verre, une solution de gélatine additionnée d'alun et qu'on lave cette couche gélatinée jusqu'à ce que les eaux de lavage ne renferment plus trace d'acide sulfurique, on constate que l'alun a été dissocié et que l'acide sulfurique et la potasse sont totalement éliminés; seule l'alumine a été fixée.

Lorsqu'on plonge des feuilles de gélatine sèches dans une solution de sulfate d'alumine à un titre déterminé, on remarque que la solution s'appauvrit et que la gélatine fixe par conséquent le sel d'alumine.

En dosant dans cette solution l'alumine et l'acide sulfurique avant et après l'immersion des feuilles de gélatine, on peut constater que le rapport des poids de ces substances reste à peu près constant.

La gélatine immergée semble donc fixer tout d'abord le composé d'alumine à l'état de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  que le traitement par l'eau dissocie, l'alumine restant alors seule retenue par la gélatine.

Il convenait de rechercher si la gélatine aluminée doit être considérée comme une véritable combinaison chimique. A cet effet, une solution de gélatine à 7,5 % a été divisée en parties égales dans lesquelles on a ajouté des quantités croissantes d'alun.

Ces mélanges, coulés sur plaques de verre, ont été séchés puis soumis à un lavage prolongé à l'eau courante.

La couche détachée des plaques de verre a été lavée de nouveau jusqu'à ce que les eaux de lavage ne renferment plus trace d'alumine ni d'acide sulfurique. Ces produits ont été ensuite déshydratés par lavage à l'alcool, desséchés, pulvérisés et analysés. Voici les résultats de ces dosages :

N° des essais	Quantité d'alun introduit dans 1 litre de gélatine à 7,5 0/0	Gr. d'alumine introduits dans 400 gr. de gélatine	Gr. d'alumine fixés par 400 gr. de gélatine (après lavage). Résultats moyens de plusieurs analyses	Quantité d'acide sulfur. retenue par 400 gr. de gélatine	Cendres totales pour 400 gr. de gélatine
4	Témoin. Néant.	Néant.	Néant.	Néant.	0,5
2	4,85	0,23	0,47	"	0,906
3	4,75	0,59	2,09	"	2,7
4	0,5	1,48	2,6	"	3,25
5	49	2,36	2,9	"	3,3
6	25 (1)	3,1	3	"	3,5
7	38	4,75	3,60	"	4,48
8	75	9,4	3,56	"	4,03

(1) Dans les essais, 4, 2, 3, 4 et 5, il s'élimine de la gélatine dans les lavages, ce qui explique l'augmentation de la teneur en alumine par rapport à la teneur initiale.

Les dosages montrent que la quantité d'alumine retenue par la gélatine augmente avec le poids d'alun qui a été employé jusqu'à ce que la gélatine ait fixé 3,6 % d'alumine ; à partir de cette teneur, et quelle que soit la proportion d'alun utilisée, le poids d'alumine contenu dans la gélatine reste constant.

Il semble que l'on se trouve, dans ce cas, en présence d'une véritable combinaison.

Il est à remarquer que l'élévation maxima du point de gélification de la gélatine aluminée, élévation qui est obtenue lorsque cette gélatine renferme 0,6 % d'alumine, ne correspond pas à la fixation maxima de cette substance.

#### IV

##### Propriétés de la gélatine aluminée.

La gélatine aluminée ayant fixé le maximum d'alumine, c'est-à-dire 3,6 %, se présente sous le même aspect que la gélatine ordinaire, mais se gonfle plus lentement que cette dernière dans l'eau froide.

Les acides très étendus ne semblent pas avoir d'action sur la gélatine aluminée à la température ordinaire ; mais ils la dissocient dès qu'ils atteignent une certaine concentration.

Les alcalis caustiques et l'ammoniaque, même en faible proportion, paraissent détruire la combinaison en ramenant la gélatine à son état primitif.

Les carbonates alcalins jouissent de la même propriété que les alcalis caustiques, mais agissent cependant moins énergiquement.

#### CONCLUSIONS

L'étude précédente nous permet de tirer les conclusions suivantes :

1<sup>o</sup> Les divers sels d'alumine et l'alumine naissante possèdent, comme l'alun, la propriété d'élever le point de gélification des solutions de gélatine. Cette propriété paraît uniquement due à l'action de l'alumine, les mêmes résultats étant obtenus avec des quantités très différentes des divers sels, pourvu qu'ils renferment le même poids d'alumine.

2<sup>o</sup> De tous les sels d'alumine, l'alun produit à poids égal la plus faible élévation de température du point de gélification, par suite de sa faible teneur en alumine ; pour la raison inverse, le chlorure d'aluminium anhydre, au contraire, produit à poids égal l'élévation maxima.

3<sup>o</sup> La température de gélification des solutions de gélatine croît proportionnellement à la quantité d'alumine qu'on leur ajoute, jusqu'à une teneur correspondant à environ 0 gr. 64 d'alumine pour 100 grammes de gélatine, quel que soit le sel d'alumine employé. Au-dessus de cette quantité, la température de gélification reste stationnaire, puis décroît.

4<sup>o</sup> L'élévation de la température de gélification varie suivant la concentration de gélatine.

5<sup>o</sup> La gélatine paraît fixer une quantité maxima d'environ 3,6 d'alumine pour 100 gr. de gélatine et abandonne à l'eau les acides ou les sels qui sont combinés à cette base. Elle semble former ainsi avec l'alumine un composé défini.

## TRAVAUX RÉCENTS DU DOMAINE DE LA PHOTOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

Par Eugène ENGLISCH (1)

### II (2)

On doit aussi résumer les nouveaux travaux concernant la loi de noircissement des couches photographiques et la sensitométrie.

Il s'agit essentiellement de recherches sur le gélatinobromure d'argent ; mais les résultats sont probablement valables pour le gélatinochlorure, et peuvent être sans aucun doute appliqués à des émulsions ayant comme base d'autres substratum.

La modification du géatinobromure, opérée par la lumière, n'est pas, comme on sait, directement apparente ; on ne peut constater le pouvoir de la lumière, et les changements produits par elle que grâce à un traitement subséquent, le développement. Dans tous les cas, il sera impossible de préciser analytiquement la quantité d'argent de la surface de la couche ; mais on pourra cependant utiliser la méthode photométrique qui est très commode.

On peut en effet admettre une certaine corrélation, car, comme EDER (3) l'a démontré, à une absorption déterminée de lumière par la couche sensible correspond une certaine quantité d'argent, quel que soit le procédé de développement par lequel le noircissement est provoqué. On désigne par « densité » D d'une couche photographique, le logarithme du rapport de l'intensité de la lumière incidente à la lumière qui traverse la couche (HURTER et DRIFFIELD) (4) ; il est donc évident que D est en rapport étroit avec les « coefficients d'extinction » de BUNSEN et ROSCOE, et qu'il sera proportionnel à la quantité d'argent précipité.

C'est à propos de tels « noircissements de développements » (5) qu'ont pu être déterminés ensuite tels « noircissements latents », c'est-à-dire les mêmes changements opérés de la même façon par la lumière, quand, par l'application de développements de vitesse et de puissance de réduction différentes, la même couche montre toujours la même densité par rapport à des éclairements qui ont produit

(1) Traduit de *Physikalische Zeitschrift*.

(2) Voyez cette revue, III, n° 2, mai 1906 (article précédent).

(3) EDER, *Phot. Corr.*, 1900, 304. D = 1 équivalent 0,0109 g. Ag. avec l'oxalate, 0,0110 g. etg. avec un révélateur organique, pour une surface de 400 cm<sup>2</sup>.

(4) HURTER et DRIFFIELD, *Phot. Journal*, 1890, 217.

(5) K. SCHWARZSCHILD, *Photogr. Photométrie d. Gestirne*. Publ. Kuffuersche Sternwarte V. Wiener 1900, 6.

à peu près le même noircissement. Il serait bon aussi de remarquer, que des intensités différentes de la lumière agissante correspondent (voyez plus loin) à des modifications variées de l'émulsion, et que l'identité du noircissement peut être uniquement accidentelle. L'influence du substratum, — la gélatine, — ne doit pas non plus être négligée ; de son action sur le bromure d'argent dépend la diffusion du développeur et de ses produits d'oxydation, qui retardent le développement, indépendamment de la gélatine ; par ce moyen les réactions régulières pourraient être voilées, réactions qui seules devraient représenter l'action de la lumière.

S'il s'agit à ce propos de déterminer quelles proportions d'éclairement produisent des noircissements donnés, on développera ensemble toutes les plaques expérimentées, on les fixera, lavera et séchera. La densité augmente avec la durée du développement ; elle diminue, en très peu de temps, avec la durée du fixage et du lavage. Des plaques rapidement séchées possèdent une stratification irrégulière des grains, et sont plus denses (1). Au sujet de l'excès de maturation, que la sensibilité des émulsions peut tripler (2) et qui souvent amène l'autodécomposition de la couche, l'émulsion elle-même demande à être rapidement utilisée ; les séries d'expériences faites avec les mêmes plaques, mais à longs intervalles les unes des autres, n'ont aucune valeur.

La question théorique et pratique la plus importante est de savoir la justesse de la loi de Bunsen-Roscoe. Il semble certain que, ainsi que MIETHE (3) et SCHELLEN (4) l'ont reconnu accidentellement, la loi a une valeur assez restreinte, et seulement dans des conditions particulières. En général, d'après SCHWARZSCHILD (*loc. cit.*) à de telles valeurs  $i t^p$ , où  $i$  est l'intensité de la lumière,  $t$  la durée de l'éclairement, et l'exposant  $p$  une constante expérimentalement déterminée, correspondent tels noircissements.  $p$  ne se montre pas absolument constant, ce qui indique une sensibilité variable de la couche pour des éclairages différents ; les éclairages intermittents révèlent aussi en réalité une action variable, quand la couche est un peu modifiée par la lumière. On doit en outre prendre en considération, qu'une lumière agissant plus tard sur une particule modifiée doit agir encore, même si par suite de sa modification l'absorption est diminuée ; on veut voir dans la modification subie par l' $\text{AgBr}$  un phénomène chimique ; mais le  $\text{Br}$  lié à la gélatine, et dissocié, doit plutôt posséder une influence ralentissante.

On prend les éclairages différents de densités correspondantes par un développement égal en durée et en composition, et par les mêmes opérations subséquentes, toujours pour une même couche comme ordonnées dans un système avec les logarithmes des expositions ( $i t$ ) comme abscisses ; on obtient ainsi la « courbe caractéristique » de HURTER et DRIFFIELD. Cette courbe est d'abord convexe contre l'axe des abscisses, domaine de la sous-exposition qui pour les plaques communes se tient entre 0,1 et 1 à 3 HMS (5) ; puis suit un trait droit correspondant à l'ex-

(1) Cf. PRECHT et AMBERG, *Arch. f. wis. Phot.* II, 109, 1900

(2) WOLF, *Eder Jahrbuch*, 1892.

(3) MIETHE, *Dissertation*, Göttingen, 1889.

(4) SCHELLEN, *Dissertation*, Rostock, 1898.

(5) EDER, *Sitzber. Wiener Akad.*, Bd. 108, II a, 1899, et *Phot. Corr.*, 1900, 241, 304, 364, 441, 497, 577, 628, 668, 736 ; Rapports de cette Revue : I, 534, 1900. SIMON, *Eder Jahrbuch*, 1897, p. 38.

position normale, qui s'étend sur environ 20 H.M.S.; l'augmentation de la densité est proportionnelle à l'augmentation du logarithme de l'énergie lumineuse employée. Seulement ce trait appartient en propre à la reproduction naturelle des contrastes; les différences de densité d'expositions déterminées montrent la gradation. Celle-ci est d'ailleurs à l'encontre de l'affirmation précédente de GURTER et DRIFFIELD dépendante du développement; de plus, la partie antérieure du dessin du trait droit de la courbe avec l'axe (1) devra être regardé comme représentant la sensibilité de l'émulsion.

La courbe caractéristique, ou mieux la courbe de « noircissement » (2) peut, par un renforcement ultérieur ou par un affaiblissement, être fortement modifiée; aussi bien, l'augmentation ou la diminution des contrastes est parfaitement possible (3).

La variabilité de la courbe sous l'action du développement sera en général très vraisemblablement influencée par l'action esquissée plus haut du milieu agglutinant sur la diffusion du développateur; d'après la formule de SCHWARZSCHILD la gradation serait indépendante du temps d'exposition. Déjà MIETHE (*loc. cit.*) a reconnu que la lumière rouge, pour l'augmentation du temps d'éclairement agit proportionnellement un peu plus puissamment que la lumière bleue. Pour la lumière rouge PRECHT et HEILBRONNER (4) ont trouvé que non seulement à de plus petites intensités, mais encore à des temps d'éclairement plus brefs correspondent d'une façon non proportionnelle de plus petites actions. D'après PRECHT (5), la diminution des intensités de la lumière rouge et bleue produit une action plus petite et non proportionnelle, mais la lumière rouge en outre agit un peu plus que la lumière bleue, ce qui correspond au phénomène de PURKINJE pour l'œil.

A ce sujet, EDER (6) déclare que les courbes de noircissement pour des lumières de longueurs d'onde différentes se forment différemment; la couche passe plus facilement et plus vivement du domaine de la sous-exposition dans le domaine de l'exposition normale sous l'action d'une lumière, dont la longueur d'onde correspond à celle de la lumière de plus grande activité, et d'autant plus que la différence entre les deux sortes de lumières est plus grande. De toutes ces proportions, conclut enfin LUTHER (7) que la quantité de bromure d'argent modifiée par des lumières de longueur d'onde différentes doit être indiquée par des fonctions différentes, et non par une même fonction avec un facteur de proportionnalité différent. Pour la photométrie photographique des étoiles, il est important que l'incertitude de la détermination de la grandeur commence seulement à peine à la grandeur de la classe de la centaine, quand « l'activité relative » c'est-à-dire le quotient des rapports des clartés photographique et optique de deux étoiles diffère du triple au

(1) EDER, *loc. cit.*

(2) SCHWARZSCHILD, *loc. cit.*

(3) EDER, *loc. cit.*

(4) PRECHT, *Arch. f. wiss. Phot.*, I, 187, 1899.

(5) PRECHT, *ibid.*, I, 277, 1899.

(6) EDER, *loc. cit.*

(7) LUTHER, Rapport dans *Ztschr. phys. Chemie*, 33, 1900.

quadruple, et que l'intensité ou l'exposition varie de l'unité à la dizaine (1).

La question au sujet de l'état présent de l'induction photochimique dans le gélatinobromure d'argent a été récemment résolue d'une façon définitive et affirmative, même pour le cas où la couche avait déjà subi quelque modification (2). Des rapports et SCHWARZSCHILD (*loc. cit.*) ont confirmé les indications d'ABNEY (3), que des éclairements intermittents produisent moins d'effet qu'un éclairement continu de même durée. L'action est d'autant plus petite que plus courte est chaque fraction de l'éclairement intermittent, et que plus long est l'intervalle qui sépare ces fractions les unes des autres ; l'action diminue aussi avec l'intensité de la lumière agissante, et se montre même, de façon remarquable, indépendante des longueurs d'ondes, si on laisse de côté un grand nombre de sources lumineuses défectueuses (4).

Des éclairements fractionnés différents donnent les mêmes quantités d'énergie ; ainsi le plus grand effet correspond à la plus grande intensité pour une courte action correspondante (5). Les changements, que la lumière produit, persistent quand ils sont favorisés d'une plus grande action lumineuse, sinon disparaissent.

La marche de cette disparition pourrait être constatée sur les courbes, qui ressemblent alors un peu à celles que BUNSEN et ROSCOE ont établies pour les mélanges chlorure détonants (6).

Dans le domaine de la solarisation dépendant de l'exposition normale, qui est représenté dans la courbe de noircissement par un trait concave et une branche descendante, se trouvent des rapports beaucoup plus compliqués. Toujours, quelle que soit sa composition, le développement fournit d'excellents résultats ; par une trop longue action de la lumière se forme un positif. LUTHER (7) considère la *solarisation* comme une sorte d'apprêt de la gélatine par le brome devenu libre ; pour les plaques sèches cette hypothèse est complètement suffisante, malgré les objections de LÜPPÖ-CRAMER (8), qui trouve aux couches solarisées et non solarisées le même point de fusion. En tout cas l'image solarisée est directement apparente ; elle a une autre propriété superficielle (halo) et une perméabilité aux liquides modifiée (lisse) ; elle se dissout plus difficilement dans le thiosulfate de soude, et peut après un fixage partiel être ramenée à un négatif normal par un nouveau développement (9).

Dans la zone limite entre l'exposition normale et la solarisation, les éclairements intermittents produisent une action plus grande que l'éclairement continu ; puis l'action devient égale de part et d'autre, et enfin les éclairements intermittents de-

(1) SCHWARZSCHILD, *Sitzber. Wiener Akad.*, Bd. 190, II a, 1900, p. 4127.

(2) ENGLISCH, *Habilitationsschrift, Archiv f. wiss. Phot.*, I, 117, 1899.

(3) ABNEY, *Eder Jahrb.*, 1894, 374.

(4) ENGLISCH, *loc. cit.*, *Arch. f. wiss. Phot.* II, 280, 1901 ; cette Revue, II, 62, 1900.

(5) ENGLISCH, *loc. cit.*, *Arch. f. wiss. Phot.*, I, 117, 1899.

(6) ENGLISCH, *loc. cit.*, *Arch. f. wiss. Phot.*, II, 131, 1900 ; cette revue, I, 47, 1899 ; BUNSEN et ROSCOE POGAND, *Annales* 100, 481-516, 1857. SOTWALDS KLAASSIKER, 34, 65.

(7) LUTHER, *Chem. Voyänge in der Phot., Galle, Knapp*, 1899.

(8) LÜPPÖ-CRAMER, *Phot. Corr.*, 1921, 384.

(9) ENGLISCH, *Arch. f. wiss. Phot.*, II, 229, 1900 ; cette revue, II, 63, 1900.

viennent moins actifs. Au sujet de ce phénomène trouvé par ENGLISCH, il ne paraît pas qu'il y ait d'autres éclaireissements à donner, que les deux formes différentes de stratification ; il semble que la modification normale du bromure d'argent est un phénomène physique, et la solarisation une réduction ; ou bien peut-être y a-t-il réduction dès le début, et la solarisation du brome provoque-t-elle un plus fort polissage de la couche ? Ou enfin la solarisation est-elle simplement un phénomène d'oxydation ? Les deux phénomènes provoquent une modification plus petite par l'éclairement intermittent que par l'éclairement continu ; la modification normale est caractérisée par un accroissement en densité, la solarisation dans le sens contraire. Du degré d'action des deux doit dépendre l'effet terminal.

Ainsi de très grandes intensités déterminent de petites anomalies de la loi de BUNSEN-ROSCOE. Par les éclairements intermittents dans la zone-limite entre l'exposition normale et la solarisation (premier état neutre de Jaussen), l'action est d'autant plus petite que l'intensité de la lumière est plus grande ; il ne paraît pas impossible que l'action proportionnellement plus petite de grandes intensités soit réduite à un début de solarisation.

Pour les « éclairs noirs » de WOOD (1), chez lesquels les branches latérales se présentent noires, donc solarisées, et la branche principale claire, donc normale, la solarisation ne suffit pas à expliquer ce phénomène, car un deuxième renversement du rayon principal ne peut pas être admis. Le deuxième renversement a été à la vérité étudié par Jaussen à Meudon avec des éclairements extrêmement importants ( $10^3$  des normaux) ; il est dans le cas présent de l'effet de CLAYDEN (ainsi nommé d'après le premier observateur) absolument invraisemblable, mais aussi invraisemblable est l'hypothèse qu'aucune autre observation n'appuie que le bromure d'argent passe par un court éclairement à l'état de plus grande insensibilité (2). D'une part en effet de très courts éclairements paraissent toujours correspondre à de très grandes intensités, et d'autre part à de très particulières modifications, qui se montrent dans les deux cas semblables à la solarisation (temps critiques d'éclairement et intensités ?).

Depuis longtemps on a tenté d'utiliser la solarisation inévitable dans les opérations au soleil pour la photographie de la Corona, et dans un très grand excès d'éclairement on a trouvé un moyen de production de duplicita négatifs. NIPHER (3) a réussi cependant à développer comme positifs des couches normalement éclairées ; sa méthode ne réduit pas seulement l'exposition, mais doit aussi fournir pour chaque éclairement une bonne image. NIPHER développe les plaques à la lumière claire, de façon que le négatif par la solarisation se transforme en positif. Quand l'exposition est courte, une lumière plus intense doit frapper les plaques pendant le développement, et une lumière moins intense quand l'exposition est plus longue ; l'intensité de l'éclairement ultérieur ne doit pas être moindre qu'une certaine valeur fixe. Tout cela se rapporte à ce qui a été dit plus haut ; que le développateur à l'hydroquinone doit être employé dans ce cas, parce qu'il paraît être là sur son

(1) WOOD, *Nature*, **61**, 104, 1899.

(2) LEONHARD WEBER, *Camera Obscura*, II, 513, 1901.

(3) FRANCIS E. NIPHER, *Transactions Acad. of Science of Saint Louis*, X, nos 6 et 9, XI, no 4.

terrain, que ce développeur au travail rude et lent favorise la formation d'une image de solarisation plus claire en elle-même, et aussi par conséquent, à cause même de cela, que le développeur à l'hydroquinone semble être le seul qui ne diminue pas la sensibilité de la couche (1).

GOWARD W. DU BOIS (2) recommande pour l'essai du procédé de NIPHER les substances oxydantes indiquées par ABNEY comme favorisant la solarisation.

Dans les considérations exposées jusqu'alors, on a adopté pour chaque série d'expériences une seule et même sorte de plaques. Mais d'ailleurs dans les mêmes conditions la densité dépend de l'épaisseur de la couche, et, pour des émulsions différentes, de leur sensibilité. L'épaisseur de la couche détermine, outre le nombre et les dimensions des grains d'argent renfermés dans le volume total, l'absorption de la lumière. D'après les recherches d'ABNEY et de GAEDICKE (3), qui ne sont pas toutes absolument précises, les couches ordinaires de gélatinobromure d'argent d'épaisseur 0,02 à 0,04 mm. absorbent seulement environ 66 0/0 de la lumière incidente ; le reste de lumière, qui traverse la couche est perdu pour l'action photochimique et fait naître fréquemment, après réflexion totale sur le dos du verre, quelques apparences de rayons rétrogrades (irradiation), qu'on peut difficilement supprimer en totalité.

La diminution des plaques trop épaisses par une fusion remède au séchage lent et à l'excès de maturation qui accompagne ce séchage ; et comme les grains les plus grossiers tombent au fond, la couche acquiert ainsi une sensibilité incomparable, malgré des difficultés techniques (4).

La mesure de la sensibilité est du domaine de la sensitométrie. Le vieux sensitomètre de WARNERKE, qui repose sur le principe de l'absorption, a été généralement remplacé par le sensitomètre universel de SCHEINER (5), dans lequel la lumière d'une lampe à benzine vient tomber sur la couche photographique par une échancrure calculée dans un disque tournant. On obtient une échelle de densité, qui peut être mesurée d'une façon très commode avec le photomètre de HARTMANN (6) ou de MARTENS (7).

Dans la pratique, la plaque doit être encadrée dans du papier blanc tracé au crayon de lignes correspondant à l'échancrure (degré) du disque tournant pour un noircissement apparent. Ce procédé est peu précis, et une erreur de 1 à 2° est facilement possible. Il n'est pas pratique, avec cet appareil, d'employer l'éclairement intermittent ; mais une échelle obtenue par l'action de diverses intensités devrait révéler des erreurs dans les anomalies de la loi de BUNSEN-ROSCOE (8).

En outre la lumière de la lampe à benzine ne correspond pas strictement à la

(1) LÜPPO-CRAMER, *Phot. Corr.*, août 1901.

(2) HOWARD W. DU BOIS, *Journal Phot. Soc. of Philadelphia*, avril 1901.

(3) ABNEY, *British Journal*, 1899, 664 ; aussi EDER'S Jahrbuch, 1900, 302 ; GAEDICKE, *ibid.*, 5.

(4) CADETT, *ibid.*

(5) SCHEINER, *Zeitschrift Instrumentenkunde*, juin 1894.

(6) HARTMANN, *Zeitschrift Instrumentenkunde*, 1899, 97.

(7) MARTENS, *Archives Soc. physiques*, IV. II, 1901.

(8) EDER, loc. cit.

lumière de la lampe de HEFNER dans sa composition spectrale; aussi pour les mesures rigoureuses, la lampe de HEFNER (1) doit entrer en fonction.

La sensitométrie des plaques sensibles aux couleurs est seulement possible par la voie spectrophotographique; dans la pratique, EDER (2) a recommandé l'emploi du sensitomètre de SCHEINER avec l'interposition nécessaire d'un écran coloré.

Il est certainement important d'avoir des points de repère pour la sensibilité des plaques, mais on ne doit pas exagérer les mérites de la détermination sensitométrique. En tout cas, on doit avoir la précaution d'utiliser les plaques dans le plus bref délai, car leur sensibilité ne reste pas constante (voyez plus haut). Les différences peuvent être même considérables; aussi la méthode sensitométrique ne peut fournir contre l'inadmissibilité de la loi de BUNSEN-ROSCOE que des résultats peu comparables. Enfin le développement, pour la mesure de la sensibilité étant exécuté de diverses manières dans son emploi pratique, il y a là encore la possibilité d'anomalies considérables.

D'après SCHELLEN (loc. cit.) le développeur à l'oxalate ferreux ne doit pas agir à 18° pendant plus de 110 secondes, sans provoquer de voile; d'après EDER (loc. cit.), dans la pratique, un voile d'une densité  $D = 0,2$  ne présente aucun inconvénient.

Quand la plaque est développée, et qu'on s'est facilement procuré chez le fabricant des châssis-presse pour l'insolation, l'indication de la « valeur du châssis », c'est-à-dire de la quantité de lumière déterminée, qui produit encore une impression développable, comme mesure de la sensibilité, présente peu d'intérêt. Il n'est pas aussi évident que tous les développeurs du commerce possèdent le même mérite (3). Pour obtenir une certaine précision et des résultats comparables, les densités devraient toujours être données en degrés de SCHEINER, et si cela était possible, les constantes de SCHWARZSCHILD devraient être indiquées. Récemment encore, ABNEY (4) a donné son avis d'une façon très critique sur la sensitométrie; il a signalé à ce sujet que les expériences faites avec une source de lumière artificielle n'autorisent aucunement à conclure sur l'action de la lumière du jour, et que la « sensibilité » se modifie avec la méthode employée pour l'exposition, avec la coloration de la lumière, avec son intensité, et enfin aussi avec la température du développeur. La transformation du gélatinobromure d'argent lui-même ne paraît pas d'après SCHELLEN (loc. cit.) être influencée par les degrés élevés de la température; un éclairement postérieur éventuel à la lumière rouge du cabinet noir, comme cela arrive habituellement, est moins nuisible après l'humectation de la couche; et par suite, la sensibilité en sera réellement diminuée (5).

(1) EDER, loc. cit.; PRECHT, *Arch. f. wiss. Phot.*, II, 469, 470, 4900; SCHWARZSCHILD, *Wiener Akad.*, 109, II a, 4900.

(2) EDER, loc. cit., *Phot. Corr.*, 1899.

(3) Controverse EDER-PRECHT, *Phot. Corr.*, 1900, et *Arch. für wiss. Phot.*, II, 4900, 4901.

(4) ABNEY, *Photography*, 1901, 203.

(5) LÜPPO-CRAMER, *Phot. Corr.*, août 1901.

## MÉTHODE POUR LA DÉTERMINATION DE LA RAPIDITÉ DES PLAQUES

---

### SENSITOMÉTRIE

Dans le grand nombre des négatifs qui peuvent être exécutés avec une même émulsion, d'après un même sujet, en faisant simplement varier la durée du temps de pose, un seul de ces négatifs est capable de concilier d'une façon parfaite l'exactitude du rendu avec le minimum d'opacité moyenne.

Or c'est précisément ce négatif idéal que le photographe expérimenté cherche toujours à obtenir.

Pour réussir à exécuter ce cliché particulier avec le plus de certitudes possibles, il est nécessaire de déterminer la rapidité de la plaque sensible avec une exactitude suffisante.

Nous nous proposons de décrire sommairement la méthode que nous avons employée.

Il nous semble que bien des amateurs seront heureux de se trouver ainsi en mesure de déterminer eux-mêmes la rapidité de leurs plaques, et, d'arriver à cette connaissance complète des propriétés de l'émulsion sensible, connaissance que peut seule fournir l'étude de la *courbe caractéristique*.

La méthode que nous avons suivie dans nos recherches originales a consisté à exposer conséutivement les diverses portions d'une même plaque à une source de lumière étalonnée en doublant chaque fois la durée d'exposition.

Avant que nous n'ayions acquis l'expérience que nous possédons actuellement, nous avons constaté qu'en raison des variations dont est susceptible l'éclairage donné par une bougie, il y avait beaucoup à faire pour assurer un éclairement uniforme dans le courant d'une même série d'expérience.

En vue d'y parvenir, nous avons résolu de faire les essais suivants que nous considérons comme très satisfaisants.

Par cette méthode, toutes les expositions sont faites simultanément de telle sorte qu'aucune fluctuation ne peut affecter les résultats, puisque toutes les expositions s'en ressentent proportionnellement.

Dans ces conditions, il est de toute évidence que la détermination est plus décisive et moins sujette à erreur que si des fluctuations de lumière se produisaient pendant des expositions consécutives.

Enfin la difficulté qui peut se présenter dans l'évaluation exacte de très faibles durées de pose, ainsi que les erreurs qui peuvent en résulter, se trouvent être ainsi complètement éliminées.

**L'étalon de lumière.** — Nous ferons tout d'abord quelques remarques sur l'emploi de la bougie étalon comme unité de lumière.

Tandis que nous admettons sans la moindre difficulté que la bougie n'est en aucune façon l'étalon idéal, nous devons dire que nous ne connaissons actuellement rien qui puisse lui être avantageusement substitué (1).

Nous l'avons adoptée tout d'abord parce qu'elle se trouve toujours sous la main, qu'elle est connue, adoptée comme étalon et, enfin, facile à se procurer.

Nous sommes peut-être amenés à professer à l'égard de cet étalon une meilleure opinion que quelques-uns de nos collègues, car elle convenait particulièrement bien à nos recherches et qu'elle nous a conduits aux découvertes que nous avons faites.

On admet souvent que la lampe à l'acétate d'amyle constitue un meilleur étalon que la bougie, mais les difficultés pratiques que présente son emploi sont telles, qu'entre nos mains elle n'a nullement prouvé les qualités qu'on lui attribue.

A notre avis, rien encore ne vaut mieux que la bougie comme étalon de lumière, et, si les recommandations que nous faisons au sujet de son emploi sont parfaitement suivies, nous ne pensons pas que l'on puisse être entraînés à commettre de bien sérieuses erreurs.

Deux déterminations différentes de *l'inertie* d'une même plaque, que nous avons eu l'occasion d'effectuer à deux jours d'intervalle, accusent une variation ne dépassant pas 0,04 cm. (2), erreur dont l'importance est pratiquement nulle.

Nous avons évidemment constaté que les bougies-étalon de différentes marques varient; pour cette raison, nous croyons utile de préciser celles que nous avons utilisées dans nos recherches. Ce sont celles de Sugg et C<sup>e</sup>, à Vincent Works, Westminster. La hauteur normale de la flamme, mesurée du point le plus bas où la mèche noircit, est d'environ 45 mm.

\* \* \*

**Mode opératoire.** — Notre méthode pour l'emploi de ces bougies à des déterminations de rapidité, est la suivante.

Nous supposons que la bougie à utiliser ait déjà été allumée. Nous l'allumons, et coupons alors avec des ciseaux la pointe noircie de la mèche; la flamme de la bougie s'élève alors progressivement; dès que la distance de la pointe de la flamme à la partie noircie la plus basse de la mèche a atteint 45 mm., l'exposition peut commencer.

On peut admettre que la flamme de la bougie reste à partir de ce moment par-

(1) Des études poursuivies actuellement dans le sein de la commission permanente, il résulte que la lumière fournie par la combustion de l'acétylène brûlant dans des conditions bien déterminées paraît réunir les conditions requises pour constituer un véritable étalon de lumière.

(2) L'abréviation cm. correspond aux termes « candle meter » : bougie-mètre seconde.

faitement constante pendant environ 10 minutes, durée plus que suffisante pour nos expériences.

Si, au bout de cette période, l'on a de nouveau besoin de la lumière, la mèche sera coupée comme précédemment, et l'on attendra pour commencer une opération que la flamme ait regagné la hauteur constante de 45 mm.

Cette hauteur de la flamme peut être mesurée au moyen d'une bande de carton-bristol sur laquelle ont été tracés deux traits à la distance indiquée ci-dessus.

Ces expériences doivent toujours être faites dans une pièce exempte de lumière. Enfin il est très utile de placer la bougie dans une boîte haute, ouverte d'un côté et bien noircie intérieurement.

A notre avis, il est absolument essentiel de conserver la bougie bien en vue pendant toute la durée d'une expérience, de telle sorte que l'on soit aussitôt averti si une variation venait à se produire dans la flamme.

Si la bougie doit être isolée dans la chambre dans laquelle les opérations sont effectuées, toute surface blanche ou brillante, située à proximité de l'étalon, devra être soigneusement masquée, en vue d'éviter toute espèce de réflexion.

L'examen par transparence, devant la lanterne à verre rouge du laboratoire d'une plaque sensible, nous montre que l'opacité de la couche diminue sur les bords ; il en résulte que nous devrons, dans tous nos essais, prélever nos bandes découpées, plutôt vers le centre de la plaque et aussi loin que possible des bords.

Ce découpage sera bien entendu effectué aussi rapidement que possible et à la plus grande distance de la lanterne rouge, de façon à éviter le moindre voile.

La largeur de la bande prélevée pour chaque essai pourra être d'environ 25 mm.

Cette bande étant mise en place derrière le disque, la distance de la bougie à la plaque est soigneusement repérée, la bougie allumée comme il est dit ci-dessus ; quand la flamme normale est atteinte, l'exposition peut commencer.

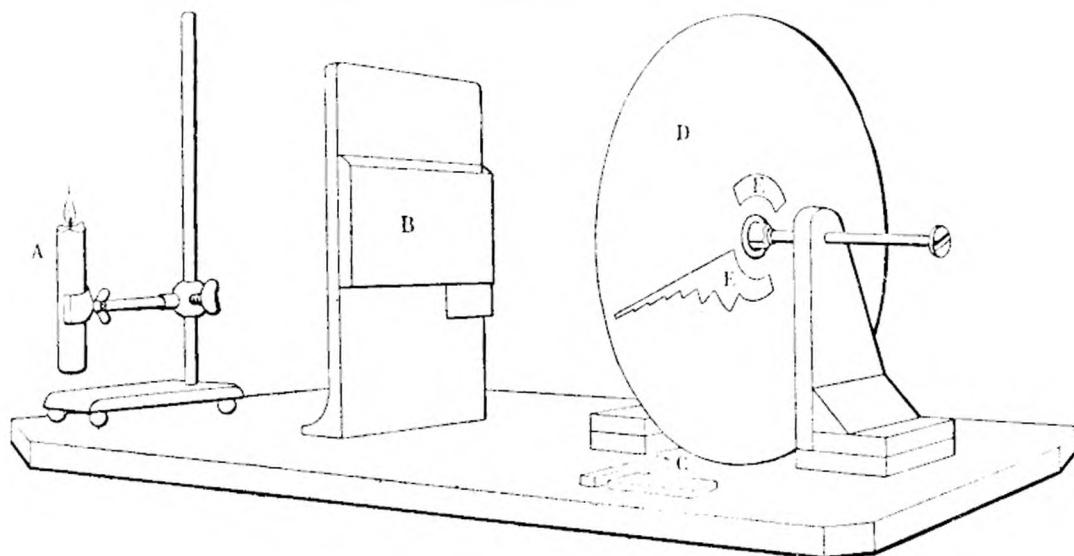


Fig. 4.

A cet effet, le disque est mis en marche, à un moment donné le châssis renfermant la plaque est ouvert et l'exposition continuée pendant le temps voulu.

En ce qui concerne maintenant la meilleure échelle de luminosité à faire agir sur une plaque de rapidité totalement inconnue, nous recommanderons une série

allant de 80 cm. à 0,312 cm. ; on constate que cet intervalle correspond, pour la grande majorité des plaques commerciales, à toute la partie intéressante de la courbe caractéristique, seule nécessaire à la détermination de la rapidité.

Un court examen de la figure montrant l'aspect du disque tournant, montrera qu'afin de donner à la plaque ce maximum de 80 cm., il sera nécessaire de continuer l'exposition pendant  $2 \times 80$  secondes, soit 160 s. ; la bougie étant placée à 1 mètre de la plaque.



Fig. 2.

Ceci résulte de ce que l'exposition maxima n'a lieu que pendant une demi-révolution du disque, la lumière n'arrivant à la plaque que sur  $180^\circ$ , au lieu de  $360^\circ$ .

Bien que préférant travailler avec la bougie placée à 1 mètre de la plaque, elle peut en être rapprochée si l'on désire abréger l'exposition : à la distance de 0<sup>m</sup>707, son pouvoir éclairant est de deux bougies-mètre, à 0<sup>m</sup>50 de quatre bougies-mètre, etc.

\*\*\*

**Développement.** — Ayant ainsi exposé la bande, nous procédons à son développement, et, nous croyons utile de dire ici quelques mots au sujet du révélateur.

Nous le faisons, bien que sachant que nous nous heurterons à une opposition

considérable ; cependant, nous affirmons à nouveau que pour tout travail photographique ordinaire, aucun révélateur n'est supérieur à l'oxalate ferreux.

Nous lui donnons la préférence à cause de l'uniformité de la couleur du dépôt d'argent qu'il fournit ; or, ce point a une grande importance, quand on s'occupe des opérations d'impression ou d'agrandissement, où le temps de pose ne peut être que calculé.

Nous le préférons, parce que nous n'avons pas encore trouvé de plaque à laquelle il ne puisse convenir, l'on ne saurait en dire autant des autres révélateurs.

Enfin, il présente sur ceux-ci cet avantage précieux de pouvoir révéler l'image latente sur une vieille plaque sensible que l'on aurait abandonnée par mégarde pendant quelques années.

Le révélateur à l'oxalate ferreux légitime la préférence que nous lui accordons en ce qu'il est, moins que tout autre, sujet à réduire un sel d'argent qui n'a pas reçu la lumière, et parce qu'il ne se prête pas à la formation de masses voilées.

Nous n'entendons pas cependant affirmer ici que les autres révélateurs ne peuvent avoir leur emploi dans des cas spéciaux, nous avons, au contraire, constaté que certaines plaques peuvent être très avantageusement développées au « rodinal », par exemple lorsqu'elles n'ont reçu qu'une exposition extrêmement courte, ou qu'elles ont été impressionnées par la lumière résultant d'un éclair magnésique.

Arrivons à l'opération même du développement.

Il est avantageux que celui-ci soit effectué à une température constante, la meilleure étant celle de 48° C., facile à réaliser aussi bien en hiver qu'en été.

Le révélateur sera amené à ce degré en plongeant la cuvette qui le contient dans un bain d'eau maintenue à cette température.

Les constituants du révélateur sont intimement mélangés, et le moment où la plaque y est introduite, noté exactement. La cuvette légèrement balancée pendant l'opération sera recouverte en vue d'éviter l'accès de la lumière rouge et l'on devra, autant que possible, éviter d'examiner la plaque au cours du développement, car il faut bien avoir présent à l'esprit que cette lumière ne saurait être complètement inactive, surtout lorsqu'il s'agit d'émulsions très sensibles ; bien souvent, certaines modifications dans l'échelle des valeurs sont dues à un trop fréquent examen résultant d'un accès de curiosité de la part de l'opérateur.

En théorie générale, la pratique démontre que cinq à six minutes conviennent parfaitement comme durée du développement et pour obtenir la gradation favorable aux mesures subséquentes.

Cependant, la durée du développement peut être notablement prolongée à la condition d'en noter toujours exactement la valeur.

La considération d'une température fixe, et le temps exact que demande une plaque déterminée, pour obtenir un certain facteur du développement, sont de la plus grande importance, si, par la suite, nous désirons produire sur une plaque identique un autre négatif ayant une gradation différente de densités.

Après le développement, la bande est fixée et lavée à la façon ordinaire ; après le dernier lavage, il est bon d'essuyer doucement la surface gélatinée avec un tampon d'ouate imbibé d'eau.

Si on le désire, l'on peut passer au bain d'alun ; mais de toute façon, ce bain, ainsi que celui du fixage, doivent être neufs, récemment préparés et parfaitement limpides.

La couche de certaines plaques ayant tendance à quitter la glace lui servant de support, lorsque celles-ci sont soumises à la chaleur de la lampe du photomètre, il est bon quelquefois de passer la plaque dans une faible solution de glycérine, avant de la laisser définitivement sécher.

Cette dessiccation peut, dans les cas pressés, être accélérée par un passage au bain d'alcool ; une fois effectuée, le dos de la plaque, ainsi que la surface de l'image, devront être soigneusement essuyés avec un chiffon doux de soie.

Il est enfin avantageux de délimiter les bandes d'intensités différentes au moyen d'un trait fin tracé à l'encre sur la couche même, cette précaution est surtout utile dans les parties les plus transparentes de l'image.

Dans un des articles qui suivront celui-ci, nous donnerons la description, ainsi que le mode d'emploi du photomètre servant à effectuer la mesure des intensités.

\* \* \*

**Construction de la courbe.** — Les neuf densités différentes, ainsi que le voile général ayant été mesurés, après avoir déduit de la densité correspondant à chacune des expositions, celles résultant de ce voile ainsi que celle due à la pellicule de gélatine et à son support, ces dernières obtenues simultanément par l'étude de la région de la bande non soumise à l'action lumineuse, nous procédons à la construction de la courbe sur l'un des nombreux papiers spécialement quadrillés pour ce genre de graphiques.

Supposons que présentement notre exposition maxima ait été de 80 cm., nous marquons cette densité sur l'ordonnée correspondante, voile déduit, et ainsi de suite jusqu'à l'inscription du résultat de l'exposition 0,312 cm.

Ayant ainsi déterminé les neuf points caractérisant les densités, nous prenons un morceau de fil noir et le tendons le long de la partie de la courbe qui, formant pratiquement une ligne droite, indique la position et l'étendue de l'intervalle correct ; nous nous rendons compte ainsi de la position de la ligne droite avant son tracé ; nous traçons enfin cette droite que nous prolongeons jusqu'au bas du diaphragme, à l'intersection de l'échelle d'inertie.

Le point d'intersection donne ainsi l'inertie de la plaque dont on déduit la rapidité en divisant la valeur de cette inertie par le nombre constant 34 ; par exemple : inertie 1 = rapidité 34.

Nous pouvons alors joindre les deux extrémités de la partie droite aux courbes passant par les points déterminés non encore utilisés. La portion supérieure représentera le début de la période de sur-exposition, la portion inférieure la fin de la période de sous-exposition, l'ensemble représentant les traits les plus saillants de la courbe caractéristique.

Cette description se comprendra mieux par l'examen du diagramme.

Nous tenons à insister sur l'importance qu'il faut attacher à l'obtention, dans chaque détermination de rapidité, des indications précises relatives à chacune des trois périodes : ce n'est qu'ainsi que nous pourrons connaître exactement la position de la période correcte.

Lorsqu'il s'agit d'apprecier la valeur des plus hautes densités d'une série de gradations sous-exposées, l'on pourrait se trouver amené à commettre certaines erreurs sur une portion de la période correcte, notamment dans le cas particulier d'un facteur de développement élevé.

En thèse générale, nous savons si la plaque que nous allons essayer est rapide

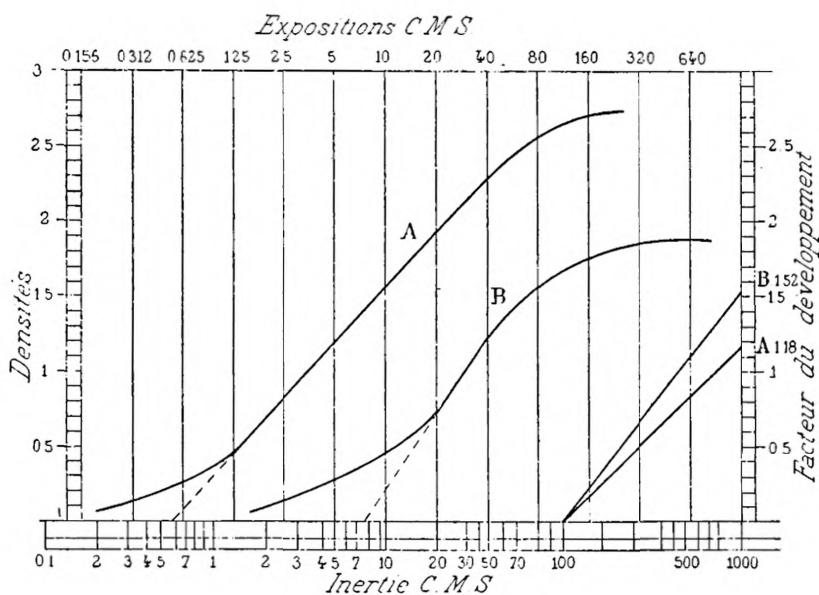


Fig. 3.

ou lente, et nous savons alors quelle échelle de luminosités convient le mieux à notre expérience.

En l'absence de toute présomption, un premier essai nous fournira une courbe dont l'allure pourrait, soit nous fournir nettement les trois périodes distinctes, soit au contraire nous laisser dans le doute au sujet des délimitations de chacune des parties de cette courbe ; dans ce cas, une expérience serait faite en choisissant une meilleure échelle de luminosités.

La première détermination servira d'indication pour savoir si la durée de la pose devra être plus longue ou plus courte dans le second essai.

Nous croyons utile d'appeler l'attention sur une difficulté qui pourrait se présenter, bien que le fait soit aujourd'hui assez rare, étant donné la perfection actuelle de l'outillage des fabriques de plaques.

Si, dans la construction de la courbe des densités, nous constatons des résultats d'une telle irrégularité qu'il soit impossible de construire une courbe continue,

il y aurait alors de sérieuses raisons pour croire à un étendage irrégulier de l'émulsion sur la plaque.

Dans un cas semblable, la meilleure chose à faire est de couper une autre bande sur la même plaque, dans le même sens que la première, cette bande sera uniformément exposée et développée en cherchant à produire une densité facilement mesurable, soit par exemple voisine de 1.

Si la plaque n'a pas été également couverte, la densité de la seconde bande mesurée en différents points n'est pas la même.

Le résultat d'un essai de cette nature nous a permis de déceler, sur une plaque uniformément exposée, une variation de densité allant de 1.335 à 0.820, certaines parties de la couche laissaient passer trois fois plus de lumière que d'autres ; c'est dire à quel point un semblable défaut peut présenter de gravité.

A plusieurs reprises, nous avons fait allusion au facteur de développement.

Bien que ce point soit étranger au sujet même de notre communication, nous jugeons cependant utile de l'aborder ; la valeur numérique de ce facteur étant l'une des conséquences dérivées de chaque examen de plaque, nous montrerons comment il est réalisable graphiquement.

Du point 100 de l'échelle d'inertie, on mène une parallèle à la portion droite de la caractéristique jusqu'à l'intersection avec l'échelle des facteurs de développement. Le point d'intersection donne le facteur qui exprime jusqu'à quel degré a été poussé le développement de la plaque étudiée.

Dans l'étude de la rapidité des plaques, l'on devra s'attacher à atteindre pour ce facteur la valeur 1, ou une valeur à peine supérieure.

En se rapportant au diagramme on trouvera que pour les plaques A et B, ces valeurs étaient respectivement 1,18 et 1,52.

La courbe caractéristique ainsi tracée peut servir au calcul de la durée du tirage des épreuves positives sur papiers par développement, en vue de réaliser un effet déterminé.

F. HURTER ET V. C. DRIEFFIELD.

(*British Journal of Photography*, juillet 1893).

Traduit de l'anglais par L.-P. CLERC

## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

---

### *Courbe de solarisation et ses points critiques ; photomètre à solarisation et autres applications.*

Dans ce mémoire, l'auteur, après avoir rappelé le fait de la périodicité de la solarisation et l'existence de phases neutres entre les phases négatives et positives, annoncé par M. JANSSEN et récemment étudié par M. G. SAGNAC et constaté que nulle part il n'est indiqué que le phénomène de la solarisation peut devenir une base de théorie de la photographie, développe les deux principes suivants :

I. *Pour une surface sensible donnée le commencement de la première phase neutre (qui suit la phase ordinaire de photographie) est mal déterminé ; sa fin au contraire, c'est-à-dire le passage vers la phase suivante, est parfaitement définie et ne dépend ni des qualités du révélateur, ni de la durée du développement, ni de la manière de développer (soit que l'on balance le bain, soit qu'on le laisse au repos), mais uniquement de la quantité de lumière reçue par la surface sensible.*

II. *Quand on change de révélateur en passant d'un révélateur frais à un révélateur usé ou quand on ajoute du bromure de potassium, on déplace seulement le commencement de la phase neutre en rendant cette phase plus courte, mais on ne change rien quant à la position de la fin de cette phase, c'est-à-dire à la quantité de lumière nécessaire pour l'obtenir.*

Des résultats obtenus par les expériences que l'auteur a faites pour vérifier ces deux principes, il a déduit la construction d'un photomètre, qu'il appelle *photomètre à solarisation*.

(P. PREOBAJENSKY, *Bulletin de la Société française de photographie*,  
II<sup>e</sup> série, tome XXII, n° 5, p. 424, 1<sup>er</sup> mars 1906).

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

---

### *Mesure de sensibilité des émulsions photographiques.*

La mesure de la sensibilité des émulsions photographiques repose sur l'évaluation d'un dépôt formé d'argent métallique, ou de toute autre matière, provoqué par l'action d'une certaine quantité de lumière et effectué en présence d'un produit de composition complexe et variable appelé *développeur*.

Lorsqu'il s'agit d'émulsions devant être utilisées par transparence, l'opacité d'une teinte est définie par le rapport entre la quantité de lumière reçue et la quantité de lumière transmise par cette teinte. Si on remarque que, d'après les travaux du colonel Goulier et de M. de LA BAUME PLUVINEL, la quantité d'argent réduit est proportionnelle non pas à la valeur absolue de ce rapport, mais bien à son logarithme, on peut définir la densité par la valeur que présente le logarithme du rapport de la lumière reçue à la lumière transmise.

Pour les teintes destinées à être vues par réflexion, le colonel HOUDAILLE propose d'adopter comme *unité de teinte* celle qui est produite par un mélange où entreraient à parties égales la teinte la plus foncée pouvant être obtenue par un développement indéfiniment prolongé, et la teinte de fond du rapport. La teinte la plus foncée aura dans cette hypothèse la valeur 2 et la teinte de fond du support la valeur 0. Cette définition présente l'avantage de s'appliquer à tous les papiers, quelle que soit leur coloration et leur teinte de fond.

Il résulte de divers essais dus au Dr EDER d'une part, à M. HOUDAILLE, d'autre part, que les caractéristiques d'une émulsion peuvent varier du simple au double et même au delà si l'on fait varier la composition du révélateur, sa température ou sa durée d'action. Aussi l'auteur trouve-t-il préférable, au lieu d'adopter un révélateur-type, de procéder aux essais, avec le révélateur que le fabricant indique comme susceptible de faire donner à son émulsion le maximum de rendement.

La limite inférieure de sensibilité d'une émulsion est définie par la quantité maximum de lumière qui est nécessaire pour obtenir une trace d'impression visible à l'œil nu au bout de la durée normale d'action du révélateur, dont nous avons déjà donné la définition ainsi que celles des diverses caractéristiques d'une émulsion.

(Rapport du lieutenant-colonel HOUDAILLE au Congrès international de photographie, Liège, 1905).

**Définition et mesure de la sensibilité des préparations photographiques orthochromatiques dans leurs conditions ordinaires d'emploi.** — L'auteur envisage la question au point de vue strictement pratique. L'expérience montre que la valeur de l'augmentation de la durée du temps de pose normal, dans l'emploi combiné d'une plaque orthochromatique et d'un écran coloré est le produit de deux facteurs principaux : la sensibilité spéciale de l'émulsion pour le groupe de radiations colorées filtrant au travers de l'écran et le pouvoir absorbant de ce dernier pour ces radiations ; cette augmentation de pose pourra être d'autant plus réduite que l'on fera usage

d'écrans dont la teinte présente un maximum de luminosité pour la région spectrale pour laquelle la préparation employée présente le maximum de sensibilité ; en un mot, si on adapte l'écran à la préparation, il en résulte que les indications suivantes doivent être données au praticien :

1<sup>o</sup> La manière dont une préparation sensible se comporte sous l'action des différentes radiations colorées du spectre, de façon à indiquer les régions pour lesquelles sa sensibilité est maximum ;

2<sup>o</sup> Le rapport existant entre la sensibilité de la plaque pour la lumière blanche, ou *sensibilité générale* et celle qu'elle possède pour tel ou tel groupe de radiations spectrales ou *sensibilité chromatique* ;

3<sup>o</sup> La *limite de la sensibilité chromatique* de la préparation, exprimée par le chiffre représentant la longueur d'onde de la radiation colorée la moins réfrangible, susceptible d'impressionner cette préparation d'une façon suffisante pour que, dans les conditions dans lesquelles s'effectuent les essais, l'opacité normale soit atteinte ;

4<sup>o</sup> Le ou les révélateurs qui conviennent le mieux à la préparation considérée.

Pour faire l'essai des préparations orthochromatiques M. MONPILLARD se sert du spectrographe Tallent-Calmels à réseau moulé, auquel il a apporté diverses modifications ; comme source de lumière il utilise un bœuf brûlant, sous une pression de 80 mm. d'eau, de l'acétylène purifié par son passage sur la partie imbibée d'acide chromique, bœuf du type conjugué à entraînement d'air, système Ballier, consommant 20 litres à l'heure. Dans la majeure partie des cas, il donne à la fente du collimateur une ouverture de 0 mm. 10 ; quand l'émulsion est peu sensible à certaines radiations spectrales, l'ouverture est amenée à 0 mm. 20. Un premier essai effectué en faisant agir les radiations du spectre, successivement sur cinq régions différentes de la préparation sensible avec des poses de 8, 16, 32, 64 et 138 secondes donne, après développement et fixages une idée suffisante sur la manière dont se comporte cette préparation vis-à-vis des diverses couleurs du spectre, pour guider par la suite sur la valeur des temps de pose qu'il sera nécessaire de donner dans les essais ultérieurs pour les déterminations qu'on serait heureux d'obtenir sur cette première plaque, une dernière portion n'ayant pas reçu la moindre impression lumineuse est destinée à la mesure de l'intensité du voile après développement et fixage. Avant l'essai les plaques sont enduites au dos d'anti-halo au noir de fumée.

Sur une plaque format 9 × 12, M. MONPILLARD obtient cinq ou six images de spectres correspondant à des temps de pose connus et qui ont été révélées en même temps. Le noircissement est le plus souvent loin d'être uniforme pour toute l'étendue du spectre ; la mesure de ce noircissement, faite au moyen de l'*opacimètre comparateur* de M. MONPILLARD pour chaque région spectrale permet de se faire une idée de la manière dont la préparation se comporte sous l'influence de celle-ci. Les résultats obtenus sont traduits par un graphique.

Une autre méthode, la méthode que l'auteur appelle *chromosensitométrique*, comporte l'emploi : 1<sup>o</sup> d'un étalon de lumière dont il soit possible de modifier l'intensité dans des proportions parfaitement connues ; 2<sup>o</sup> d'un sensitomètre ; 3<sup>o</sup> d'écrans étalons permettant de transformer la source de lumière blanche en sources de lumières diversement colorées émettant un groupe déterminé à l'avance de radiations spectrales.

L'étude complète d'une préparation orthochromatique est très complexe ; aussi les renseignements les plus complets et les plus précis seront donnés par l'association de

(1) *Le Radium*, III, page 122, avril 1906.

l'essai au spectrographe et de l'essai chromosensitométrique. M. MONPILLARD espère arriver à mettre au point une méthode d'essai définitive et réellement pratique.

(Rapport de M. F. MONPILLARD au Congrès de Liège).

#### *Recherche d'étalons de lumières colorées et de méthodes de comparaison.*

**Etalonnages d'écrans colorés.** — La création d'étalons de lumières colorées est nécessaire pour la détermination du coefficient de sensibilité chromatique des préparations sensibles et pour celle du coefficient de *transparence chromatique* des écrans. On ne peut réaliser de tels étalons qu'en faisant traverser par un faisceau de lumière blanche, de composition spectrale connue et constante, un milieu transparent ne transmettant qu'une région prélevée dans tel ou tel groupe de radiations colorées du spectre. Le faisceau de lumière blanche est donné par l'étalon Féry, à l'acétylène ; l'image de la flamme est projetée par une lentille sur la face plane d'une lentille plan-convexe qui devient la véritable source lumineuse utilisée dans les essais sensitométriques. On interpose entre les deux lentilles un milieu transparent coloré tel que 1<sup>o</sup> la nuance et l'intensité de sa coloration soient toujours absolument identiques ; 2<sup>o</sup> que dans le groupe des radiations colorées émises par l'étalon, la majeure partie d'entre elles possèdent le même éclat que celui qu'elles présentent dans le spectre de la lumière blanche émise par l'étalon quand aucun milieu coloré n'est interposé. Ce sont des dissolutions exactement titrées de sels inorganiques, choisis parmi les plus stables, facilement cristallisables et, de ce fait, susceptibles d'être obtenus dans un état de parfaite pureté qui peuvent constituer ces milieux transparents colorés, ces solutions étant disposées dans des cuves en glaces à faces parallèles, sous une épaisseur uniforme de 10 mm.

La *transparence chromatique* des écrans colorés doit être déterminée par des méthodes photographiques que décrit M. MONPILLARD dans son mémoire et qui sont analogues à celles employées pour l'étude des préparations orthochromatiques.

(Rapport de M. F. MONPILLARD au Congrès de Liège).

#### *Note sur la méthode spectro-sensitométrique.*

L'auteur avait représenté au Congrès de photographie de 1900 une méthode dite *spectro-sensitométrique sinusoïdale* basée sur le principe suivant : mesurer la sensibilité d'une plaque orthochromatique en photographiant un spectre normal inégalement éclairé dans sa hauteur, le rapport des quantités de lumière reçues par deux points d'une même ordonnée étant exactement connu et toujours le même quelle que soit l'unité photométrique employée ou l'ordonnée considérée.

L'appareil proposé alors était constitué par un spectrographe de diffraction muni, devant la fente du collimateur, d'un obturateur à mouvement sinusoïdal ; après exposition de 30 secondes à la lumière d'une lampe à incandescence de 10 bougies, 110 volts, la plaque développée comportait une partie réduite dont le contour correspondait à la courbe, généralement tracée par points :

On objecta que sans diagramme, les lectures étaient difficiles, puisque les ordonnées de deux points considérés n'étaient pas proportionnelles aux temps d'exposition correspondants. Le Dr Bing proposa de substituer à l'obturateur à mouvement sinusoïdal un obturateur percé d'une ouverture en forme de triangle rectangle isocèle, de telle façon qu'un des côtés de l'angle droit fût parallèle à la fente du collimateur. Si l'on animait cet obturateur d'un mouvement alterne rectiligne uniforme, le résultat était une courbe rappelant

les précédentes, mais telles que les ordonnées fussent proportionnelles aux temps des expositions et que les sensibilités pussent être mesurées, sans diagramme, simplement avec un compas à pointes sèches. Mais on rencontre une grande difficulté à construire un appareil mécanique comportant une pièce quelconque animée d'un mouvement rectiligne uniforme alterné ; quant au disque percé d'ouvertures en forme de triangle rectangle, il a l'inconvénient d'avoir des proportions exagérées, si l'on veut assimiler l'arc à la corde et si l'on tient pour négligeable la différence des vitesses de deux points d'un même rayon.

Pour obvier à ces inconvénients M. BELIN utilise un appareil dans lequel l'obturateur est formé d'un disque percé d'ouvertures, rappelant le triangle et calculées de manière à maintenir la proportionnalité des ordonnées aux temps d'exposition, tout en parant aux inconvénients du mouvement circulaire d'un disque de faible diamètre ; le tracé en est dû à M. COUSIN, ingénieur en chef des mines. La courbe sensitométrique obtenue avec ce dispositif accuse, pour la majorité des plaques orthochromatiques, deux maxima séparés par un minimum très visible. Elle s'étend au delà de  $H^4$  pour les préparations au chlorure, ainsi qu'EDEM l'a démontré et permet d'apprecier, dans leurs conditions d'emploi, les pouvoirs absorbants des milieux sélecteurs. Elle permet, enfin, de comparer entre elles diverses sources lumineuses destinées aux usages photographiques.

(Communication de M. Edouard BELIN au Congrès international de photographie de Liège, 1905).

#### *Caractéristiques des obturateurs de plaques.*

L'auteur propose de caractériser l'obturateur de plaques, en ce qui regarde le mouvement de la fente :

- 1° Par les vitesses maxima de départ et d'arrivée du rideau exprimées en mètres par seconde ;
- 2° Par le rapport de la vitesse de départ à la vitesse d'arrivée ;
- 3° Par le rapport des vitesses moyennes extrêmes, obtenues en donnant au rideau la plus grande et la plus petite vitesse possible.

A titre de renseignements on indiquera :

- a) Le maximum et le minimum de largeur pratiquement utilisable de la fente ;
- b) La distance moyenne du rideau à la couche sensible ;
- c) Les temps de pose exprimés en millièmes de seconde qui correspondent aux vitesses moyennes extrêmes, pour des largeurs de fente croissant de 10 en 10 mm. ;
- d) On recommande aux constructeurs de graver ces temps de pose au-dessus de la graduation de la fente, exprimée en millimètres.

Les méthodes de mesures devront donner ces différents renseignements avec une approximation supérieure à 5 %.

(Lieutenant-colonel HOUDAILLE, Congrès international de photographie, Liège, 1906).

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

# NOTE SUR L'OPACIMÈTRE-COMPARATEUR

L'étude des couches sensibles, des révélateurs, des écrans colorés, etc., nécessite l'emploi de méthodes ou d'instruments permettant la détermination aussi exacte que possible de la valeur de l'intensité des noircissements des différentes régions des plaques photographiques.

Diverses solutions de la question ont déjà été proposées et mises en pratique, notamment par HURTER et DRIEFIELD, le Dr EDER, MARTENS et MICHELI, le commandant HOUDAILLE, tout dernièrement enfin par M. Ch. FERY.

Mais en dehors de la mesure directe du noircissement, il est souvent utile de rechercher dans une série de teintes obtenues sur une même plaque, derrière un sensitomètre par exemple, celle qui correspond à une teinte d'une intensité donnée choisie comme type de comparaison.

C'est ce que peut réaliser l'appareil auquel a été donné le nom *d'opacimètre comparateur*, cet instrument permettant soit de mesurer directement le noircissement des plaques, soit d'effectuer simplement des comparaisons.

La source d'éclairage est un manchon porté à l'incandescence par un bec de gaz à courant d'air ou un bec à alcool ; la cheminée métallique B qui entoure ce manchon est percée d'une large ouverture circulaire laissant passer un faisceau lumineux rendu sensiblement homogène et légèrement divergent par une forte lentille plan convexe L, qui le dirige vers les deux miroirs M de l'appareil O servant à effectuer les mesures ou les comparaisons (Fig. 4).

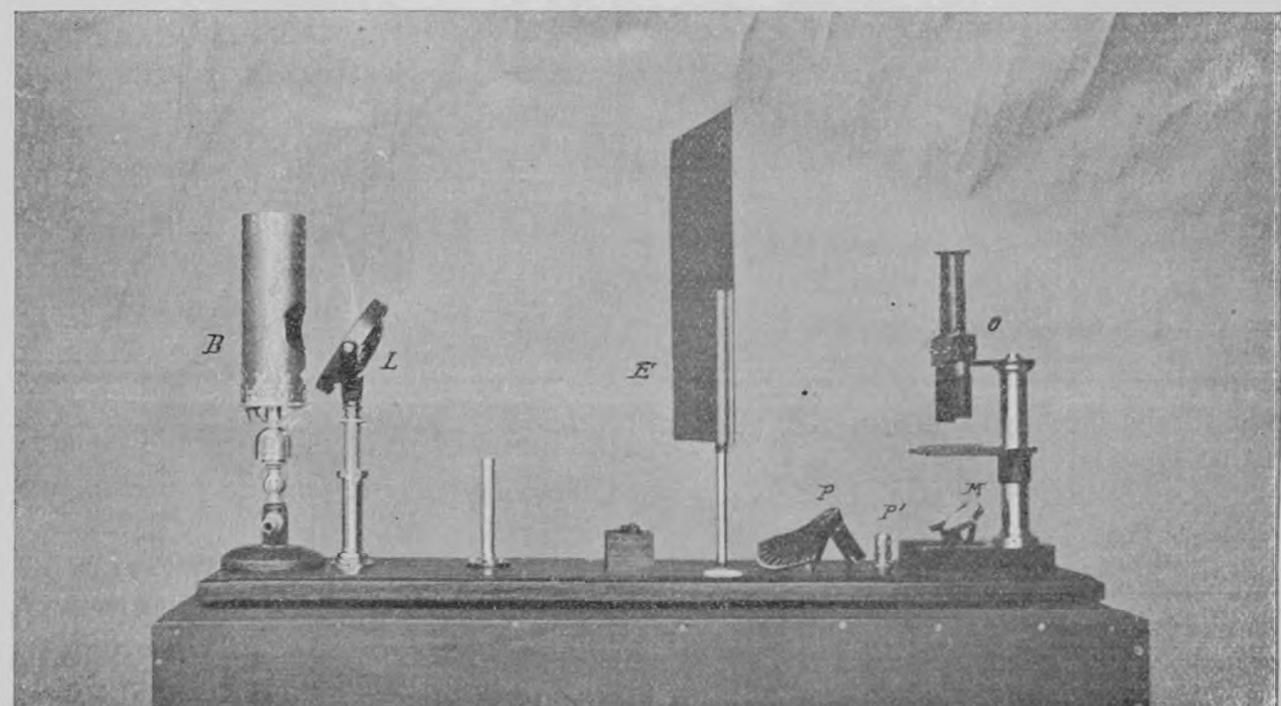


Fig. 4. — L'opacimètre comparateur.

Entre celui-ci et la lentille peut être placé un écran vertical E mobile, laissant passer librement au-dessous de lui la portion du faisceau lumineux éclairant le miroir, mais isolant l'observateur de toute lumière étrangère susceptible de le gêner dans ses opérations ; en faisant tourner cet écran autour de son axe vertical, l'appareil se trouve suffisamment éclairé pour effectuer des lectures ou déplacer de la quantité voulue la plaque à examiner.

Le faisceau lumineux projeté par la lentille est réfléchi verticalement par les deux miroirs MM (fig. 2) ; après son passage au travers des ouvertures 0,0<sub>1</sub> de la platine sur laquelle sont placées les plaques, chacun des deux rayons est réfléchi horizontalement l'un vers l'autre par un prisme à réflexion totale ; rencontrant les faces inclinées à 45 degrés d'un prisme rectangle b, ces deux rayons sont enfin réfléchis verticalement dans un oculaire mis au point sur l'arête de ce prisme.

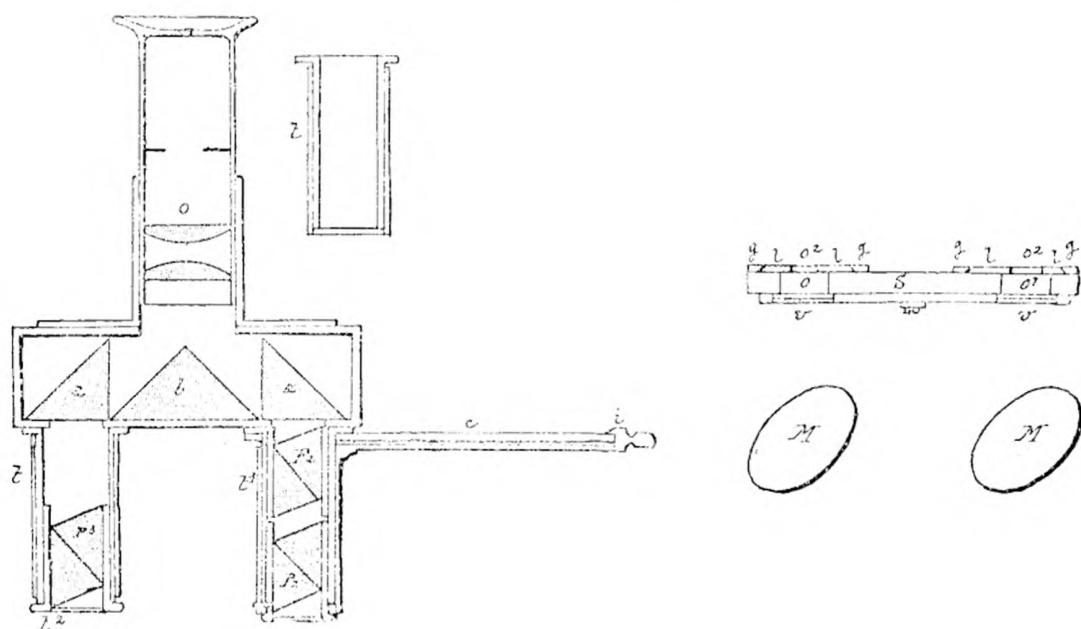


Fig. 2.

La partie supérieure de cet oculaire porte un œillet à ouverture capillaire ; il est, en outre, diaphragmé de telle sorte que le regard de l'observateur se trouve être forcément dirigé sur l'arête du prisme ; tout effet de parallaxe susceptible de nuire aux observations se trouve ainsi totalement évité.

La source de lumière, la loupe d'éclairage et l'opacimètre sont disposés à poste fixe sur une planchette en vue d'éviter tout tâtonnement dans le réglage de position de ces trois pièces.

Les miroirs étant convenablement orientés, nous observons alors à l'oculaire un champ divisé en deux parties égales par l'arête du prisme, chaque portion étant éclairée par l'un des miroirs (Fig. 3).

La monture dans laquelle sont déjà disposés les prismes et sur laquelle est fixé l'oculaire, porte deux tubes à glissières disposés suivant l'axe des ouvertures de la platine, afin d'éviter tout accès de lumière étrangère à celle qui a traversé les plaques soumises à l'étude (Fig. 4).

Chaque ouverture de la platine a 40 millimètres de diamètre, mais celle-ci est

disposée de telle sorte qu'il est possible d'examiner soit un champ de 5 millimètres soit un champ rectangulaire de 10 millimètres sur 3 millimètres, cette ouverture rendant très facile l'examen des bandes photospectrographiques. Enfin sous la platine est placée une pièce mobile (fig. 5) autour d'un axe et permettant d'amener à volonté et en même temps sous chaque ouverture un verre fumé de teinte d'intensité moyenne. L'interposition de ce léger écran ayant pour effet d'atténuer l'éclat du faisceau lumineux éclairant et de faciliter dans une très large mesure, soit le réglage de l'appareil lorsque nous nous proposons de l'utiliser comme opacimètre, soit l'examen ou la mesure des portions de plaques photographiques dont le noirissement est de faible intensité.

Ainsi disposé, l'appareil fonctionne comme *comparateur*; il suffit d'orienter les miroirs de telle sorte que les deux moitiés du champ soient également éclairées,



Fig. 3

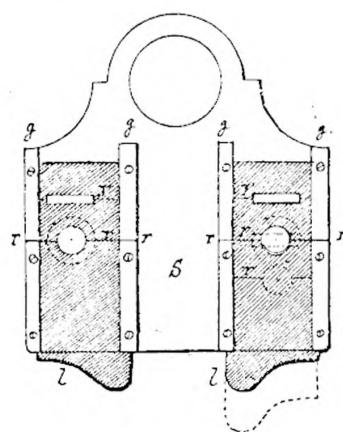


Fig. 4

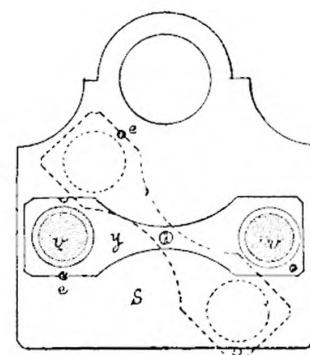


Fig. 5

opération rendue facile par la disposition même des différentes pièces de l'instrument; la teinte type est alors disposée sur l'une des ouvertures de la platine; mettant l'œil à l'oculaire, l'autre plaque est glissée sur l'autre ouverture jusqu'à ce que l'égalité d'éclairage soit de nouveau réalisée pour les deux moitiés du champ.

Si l'intensité de la teinte en question est faible, nous aurons avantage à amener sous les ouvertures de la platine les deux verres fumés.

L'œil n'étant impressionné que par l'image observée à l'oculaire, l'observateur se trouve dans les conditions les plus favorables pour effectuer rapidement et sûrement ces comparaisons d'intensités.

Désirons-nous maintenant déterminer la valeur de ces intensités, il nous suffira de transformer notre *comparateur* en *opacimètre*.

A cet effet, l'un des tubes *t* disposés au-dessous des prismes est mobile et peut sortir de la coulisse dans laquelle il se trouve engagé; il sera alors remplacé par l'appareil de mesures proprement dit P (fig. 4).

Celui-ci est constitué (fig. 2) par deux prismes de Nicol, *p*<sup>1</sup>, *p*<sup>2</sup>, dont l'un est fixe, l'autre mobile autour de son axe; le déplacement angulaire de celui-ci, qui est de 90 degrés, peut être mesuré par un index qui se déplace le long d'une division circulaire en degrés.

Or nous savons que, dans un dispositif de ce genre, l'intensité  $I'$  du faisceau lumineux  $I$  après son passage dans le second prisme obéit à la loi de Malus :  $I' = I \cos^2 \alpha$ ,  $\alpha$  étant l'angle que font entre elles les deux sections principales des prismes de Nicol.

C'est, en somme, le principe général sur lequel sont basés les photomètres à polarisation.

MARTENS et MICHELI ont imaginé un appareil destiné également à la mesure de l'intensité du noircissement des plaques photographiques, dans lequel ils ont également recours à la polarisation, mais dans des conditions un peu différentes, les deux images examinées à l'oculaire étant toutes deux polarisées perpendiculairement entre elles.

Dans l'autre tube  $t$ , de l'*opacimètre*, il est nécessaire d'introduire un Nicol  $p^3$  faisant office de compensateur et ayant pour objet d'annuler les effets résultant des phénomènes de polarisation elliptique produits par la réflexion des rayons lumineux sur les faces des prismes.

Pour effectuer le réglage de l'instrument monté en *opacimètre*, les deux miroirs étant parfaitement orientés, l'index du Nicol mobile de l'appareil de polarisation étant amené en regard de la division 90, il suffit de tourner le Nicol compensateur de l'autre tube jusqu'à ce que les deux moitiés du champ de l'oculaire soient également éclairées ; comme il est dit plus haut, il sera bon, pour cette opération, d'amener les verres fumés sous les ouvertures de la platine, afin d'atténuer l'éclat de la lumière.

Pour procéder à une mesure, il suffira de placer, sous le tube portant le Nicol compensateur, la plaque dont il s'agit de déterminer l'intensité de noircissement ; mettant l'œil à l'oculaire, la manette commandant le mouvement de rotation du Nicol de l'appareil de polarisation sera déplacée jusqu'à ce que l'égalité d'éclaircissement soit de nouveau réalisée.

La division devant laquelle s'est arrêté l'index indique l'angle de rotation du Nicol ; il nous est donc facile de déterminer par un simple calcul l'intensité du faisceau lumineux correspondant à cet angle ; cette intensité étant précisément égale à celle d'un même faisceau lumineux après son passage au travers de la plaque examinée, nous nous trouvons donc en possession des données nécessaires pour déterminer le coefficient d'absorption résultant de la présence du dépôt d'argent dans cette plaque, son opacité, etc.

En vue d'éviter aux observateurs la peine de se livrer à ce calcul, un tableau a été dressé donnant de degré en degré la valeur de l'intensité  $I'$  d'un faisceau incident  $I$ , une valeur de 100 étant donnée à celui-ci.

Jusqu'à ce que la Commission permanente du Congrès international de 1900 ait statué sur la manière dont devront être exprimées les valeurs de l'opacité, de la densité, etc. ; nous basant sur les travaux des auteurs s'étant déjà occupés de la question, nous avons joint aux valeurs de  $I'$  celles de l'opacité  $O$ , de la densité  $D$ , de la transparence  $T$ , de l'absorption  $A$ , calculées d'après les formules suivantes :

$$T = \frac{I'}{I} \quad A = 100 \times I' \quad O = \frac{I}{I'} \quad D = \log de O.$$

Avec ce tableau, il suffit de noter les indications données par l'*opacimètre* pour obtenir de suite celles qui sont nécessaires au genre de recherches poursuivies.

La disposition même de cet instrument présente cet avantage, qu'il permet d'obtenir *d'emblée* la valeur absolue du noircissement, déduction faite de la quantité de lumière réfléchie par la surface du support (verre ou pellicule), de l'absorption produite par le véhicule lui-même (gélatine ou collodion), enfin du voile de développement. Il suffit, en effet, de prélever après développement, lavage et fixage sur la plaque à étudier un fragment n'ayant subi aucune action lumineuse et de le disposer sous le système polarisant ; dans ces conditions, il y a compensation pour toutes les absorptions autres que celles résultant de la présence du dépôt d'argent lui-même.

Enfin cette manière de procéder devient indispensable dans l'examen, soit de certaines plaques orthochromatiques qui conservent souvent, après fixage, une légère teinte due à la substance orthochromatisante, soit de plaques développées avec certains révélateurs communiquant une teinte plus ou moins jaune à la gélatine. Or l'expérience prouve que la présence d'une coloration même très faible nuit à l'exacte appréciation du moment où les deux moitiés du champ sont également éclairées. Donc, si sous l'appareil de polarisation nous disposons un fragment non insolé de la plaque étudiée, les colorations se trouvant être identiques dans le champ de l'oculaire, les observations redeviennent aussi faciles que si elles n'existaient pas.

En résumé, ce petit appareil, d'un maniement très simple, donne avec sûreté et rapidité des indications plus que suffisantes au point de vue de la précision pour la mesure du noircissement des plaques photographiques.

M. A. NACHET, qui a bien voulu se charger de sa construction, y a apporté tous ses soins, ainsi que le concours précieux de sa grande expérience ; il a fait de cet instrument un véritable appareil de laboratoire susceptible de rendre de réels services à ceux qui s'intéressent aux études se rattachant à la photochimie.

F. MONPILLARD.

## ÉTUDE SUR LA SENSITOMÉTRIE

---

### LATITUDE DANS LA DURÉE D'EXPOSITION ET RAPIDITÉ DES PLAQUES

Il est généralement admis, et nos recherches nous ont amenés à l'affirmer, que la durée d'insolation (temps de pose) est en photographie le facteur principal, il ne saurait en être de même pour le développement, bien que la production d'épreuves semblables, d'après une série de négatifs ayant reçu des insolations notamment différentes et soumis à des développements très différents, paraisse tout d'abord renverser la totalité de nos conclusions.

Notre attention fut de temps en temps attirée sur des séries de négatifs ainsi obtenus et dans tous les cas qui furent portés à notre connaissance, nous n'avons jamais éprouvé la moindre difficulté pour classer ces négatifs dans l'ordre croissant de leurs durées d'exposition.

Ce fut également avec la plus grande facilité que nous avons pu, à la suite d'un simple examen, classer dans le même ordre les prototypes positifs qui en résultaient.

Si sur les négatifs, l'on procède à des mesures en vue de déterminer la progression de leurs densités, le classement de ces clichés d'après la durée de l'exposition s'effectue très aisément et sans la moindre possibilité d'erreur.

A titre d'exemple de mesures de ce genre, nous croyons utile de donner les résultats obtenus sur quatre prototypes qui nous furent envoyés par un amateur Irlandais.

Le sujet était le même pour ces quatre plaques : Une prairie bordée d'arbres, à mi-distance, une maison grise dont l'un des côtés était éclairé par la lumière diffuse des nuages, l'autre directement par le soleil.

Les mesures des densités furent effectuées : sur le ciel, les deux côtés de la maison, les ombres les plus transparentes des arbres et une tache dans l'herbe.

En vue de bien assurer exactement l'étude des mêmes points dans les quatre négatifs, des caches à ouvertures circulaires furent appliquées sur chacun d'eux, de telle sorte que les cercles coïncidaient quand les sujets eux-mêmes coïncidaient.

Les quatre plaques avaient reçu des durées d'insolation respectives de 1, 10, 30 et 60 secondes et les négatifs qui en résulttaient fournissaient des épreuves de qualités si voisines, qu'il semblait bien qu'elles eussent complètement renversé nos conclusions.

La table suivante donne le résultat des mesures.

EXPOSITIONS	DENSITÉS			
	1 <sup>s</sup>	10 <sup>s</sup>	30 <sup>s</sup>	60 <sup>s</sup>
Ombres les plus opaques dans les arbres . . . . .	0,378	0,533	0,973	1,028
Maison, côté à l'ombre . . . . .	0,853	0,750	1,371	1,315
Gazon . . . . .	0,930	1,005	1,706	1,581
Maison, côté au soleil . . . . .	1,721	1,571	2,121	1,921
Ciel . . . . .	2,598	2,236	2,578	2,308

Un coup d'œil sur les valeurs de ces densités, particulièrement sur celles indiquées aux extrêmes limites (ombres maxima et ciel) montre combien ces négatifs différaient d'allure, bien que le simple examen à l'œil de ces mêmes négatifs révélât d'une façon surprenante l'impossibilité d'apprécier ces différences par un simple examen de visu.

Dans ces mêmes conditions, nous nous trouvons encore bien moins capables d'apprécier les différences entre les valeurs relatives de ces densités, que nous donnons dans la table suivante :

	VALEURS RELATIVES			
	1 »	1 »	1 »	1 »
Ombres maxima . . . . .	1 »	1 »	1 »	1 »
Maison, côté de l'ombre . . . . .	2,2	1,35	1,40	1,28
Gazon . . . . .	2,46	1,81	1,75	1,53
Maison, côté au soleil . . . . .	4,55	2,84	2,17	1,86
Ciel . . . . .	6,87	4,01	2,65	2,24

Les différences relatives décroissent quand l'exposition augmente, ce qui est en parfait accord avec toutes nos expériences.

A ce point de vue, ces négatifs sont très différents, et confirment notre énoncé : que les valeurs relatives des densités sont une fonction du temps de pose et non le résultat des modifications apportées au développement.

Nous n'hésitons pas à proclamer à nouveau que de tels négatifs peuvent toujours être classés dans l'ordre de leur durée d'insolation par toute personne familiarisée avec ce genre d'examens.

Au point de vue de leurs qualités en ce qui concerne le tirage, et, surtout en ce qui concerne la durée d'impression, ces négatifs diffèrent également d'une façon considérable.

Il ressort de toute évidence que ces négatifs ne sauraient nullement démontrer cette grande latitude permise dans l'appréciation de la durée de la pose.

En revanche, ils prouvent combien l'œil est incapable d'apprécier des différences, même énormes, dans les valeurs numériques des densités, et par suite la latitude

qui existe dans la qualité des épreuves qui, bien que très différentes, deviennent pour nous très acceptables.

C'est dans ce défaut des facultés de perception de la grande majorité des yeux, que réside pour une bonne part la latitude dans la durée d'exposition.

Plusieurs auteurs donnent, pour cette latitude d'insolation, des limites très différentes.

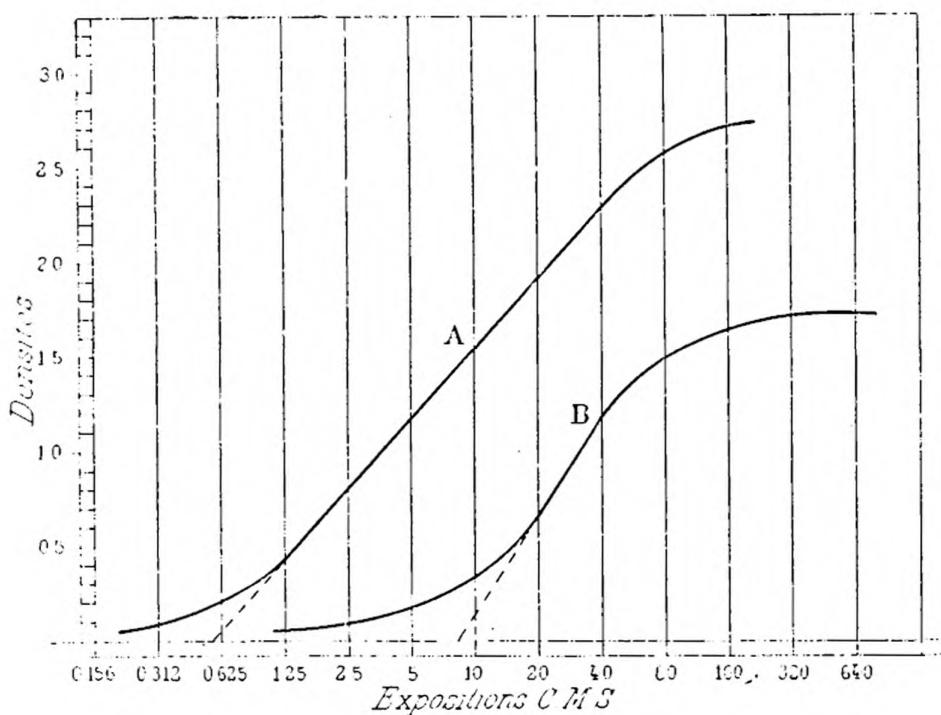
Le professeur BURTON estime qu'elle peut varier de 1 à 30, mais constate qu'avec certaines plaques, il a obtenu des résultats satisfaisants avec des insolations variant de 1 à 80.

Nous avons constaté nous-mêmes que deux plaques, parmi celles utilisées dans nos expériences, auraient donné de bonnes images de sujets dans lesquels les contrastes variaient de 1 à 80, bien que les expositions aient varié de 1 à 2 ; ces plaques étaient ainsi capables de reproduire *exactement* des contrastes variant de 1 à 60.

La latitude de l'exposition dépend :

- 1° Des propriétés de la plaque sensible;
- 2° De l'échelle des contrastes du sujet reproduit ;
- 3° Du degré d'exactitude avec laquelle les valeurs relatives de ces contrastes doivent être conservées dans l'épreuve positive.

*Des propriétés de la plaque sensible.* — Les qualités de la plaque sensible constituent la partie essentielle de cette question.



Certaines plaques ne peuvent supporter le moindre écart de la pose, et, quelquefois même, sont, en quelque sorte, incapables de rendre avec un certain degré de vérité les valeurs relatives d'une échelle de teintes quelle que soit d'ailleurs la durée d'insolation.

D'autres plaques, au contraire, donnent un rendu très correct d'une échelle de teintes, même très étendue, avec des poses variant de 1 à 3 ou de 1 à 6, et, si l'exactitude rigoureuse de tous les tons intermédiaires n'est pas nécessaire, de telles plaques peuvent fournir des négatifs utilisables avec des expositions variant de 1 à 20 ou de 1 à 30.

La meilleure manière de représenter les différentes qualités des plaques photographiques consiste à recourir au tracé graphique de la courbe que nous avons appelé la courbe caractéristique de chaque plaque.

Le diagramme n° 1 représente deux courbes caractéristiques de plaques bien connues que nous appellerons A et B ; il nous montre d'un coup d'œil la différence entre ces deux plaques.

Tandis que la courbe correspondant à la plaque A est à peu près droite entre les expositions 0.625 b. m. s. (1) et 80 b. m. s., la plaque B fournit une courbe sur laquelle on ne trouve que difficilement une partie droite.

Or, nous avons montré qu'une plaque ne peut représenter correctement les valeurs des contrastes du sujet que si, dans la région correspondante à ces valeurs, la courbe caractéristique est une droite.

Par conséquent, plus la région rectiligne est étendue, plus est grande la latitude permise dans le temps de pose.

Avec un haut degré d'exactitude, la plaque A représenterait les contrastes variant de 1 à 20 dans un sujet donné, bien que les durées d'exposition varient de 0.625 à 4, c'est-à-dire de 1 à 6.

Si, sur plusieurs plaques, nous faisions plusieurs expositions avec des temps de pose variant entre 1 et 6, ces plaques fourniraient des clichés d'aspect très différent, mais donnant cependant des épreuves identiques, quand bien même les négatifs auraient été développés en même temps dans un même bain, et pendant des temps égaux.

Mais, bien que tous ces négatifs fournissent des épreuves identiques, le photographe professionnel les rejettéra tous, sauf un qui, pour lui, constituera le seul cliché réellement bon.

*Il n'y a qu'une seule durée d'exposition qui fournit une représentation exacte, avec la densité générale minima, nécessitant par suite le temps minimum pour l'impression des épreuves.*

D'autre part, la plaque B ne fournirait jamais la représentation correcte d'aucun sujet.

De telles plaques ne pourraient se vendre, car on ne voudrait plus les employer si l'œil était capable de discerner sur les épreuves l'inexactitude de telles photographies, laquelle se trouve révélée par l'examen de la courbe caractéristique. L'aspect de cette courbe nous démontre également l'impossibilité de faire varier la durée de la pose, si ce n'est que dans de très étroites limites si l'on désire obtenir des clichés satisfaisants.

*De l'échelle des contrastes du sujet reproduit.* — Après l'étude des propriétés de la plaque employée, il est de première importance de prendre en considération

(1) B. m. s : abréviation de bougie mètre seconde.

l'étendue de l'échelle des intensités lumineuses du sujet que l'on se propose de reproduire correctement.

La plaque A est capable de représenter les intensités lumineuses variant de 1 à 70. Si les intensités lumineuses du sujet à reproduire embrassent des limites plus étendues, il ne sera possible d'en obtenir une reproduction qu'en sacrifiant l'exactitude.

Dans le cas de la plaque B, les limites sont comprises au contraire entre 1 et 2.

La question qui se pose est alors celle-ci : Quelle est l'étendue des gammes d'intensités lumineuses que l'on a à considérer dans la pratique photographique ?

Beaucoup de photographes professent sur ce sujet des idées notamment exagérées.

Nous ne connaissons pas exactement l'opinion du Pr Burton, mais il semblerait, d'après ces remarques, que la faculté de modifier les rapports des densités par les variations du développement ne peut s'exercer que dans le cas de plaques ayant reçu des intensités lumineuses variant de 1 à 700 au moins.

Or, il est assez facile de fixer entre quelles limites ont varié les intensités lumineuses aux divers points d'un sujet donné, et, ce qui suit est le résumé de la méthode que nous avons suivie pour ce genre de recherches.

Nous coupons en deux une plaque sensible ; sur l'un des fragments nous faisons une série de poses en ayant recours à une source lumineuse étalonnée, comme pour l'établissement de la courbe caractéristique : l'autre fragment de la même plaque est employé à photographier l'objet étudié, en donnant une exposition telle qu'on obtienne un bon négatif, sans que d'ailleurs il y ait lieu de déterminer avec précision quel doit être le temps de pose.

Les deux moitiés de la plaque ainsi insolées sont développées simultanément, pendant le même temps, avec un même révélateur.

Après achèvement, on mesure d'une part les densités extrêmes du phototype négatif du sujet étudié, ainsi que toutes densités intermédiaires que l'on juge intéressant de connaître, et, d'autre part, on mesure les densités produites par les illuminations devant la source étalon.

Il est évident que la plaque ainsi étalonnée par expositions connues à une source lumineuse constante, pourra, par comparaison, servir à mesurer quelles étaient les intensités lumineuses qui ont effectivement agi dans l'appareil photographique et provoqué ainsi les différentes densités du négatif à étudier.

Pour de telles expériences il est donc avantageux de choisir des sujets où se présentent des plages uniformes d'une certaine étendue.

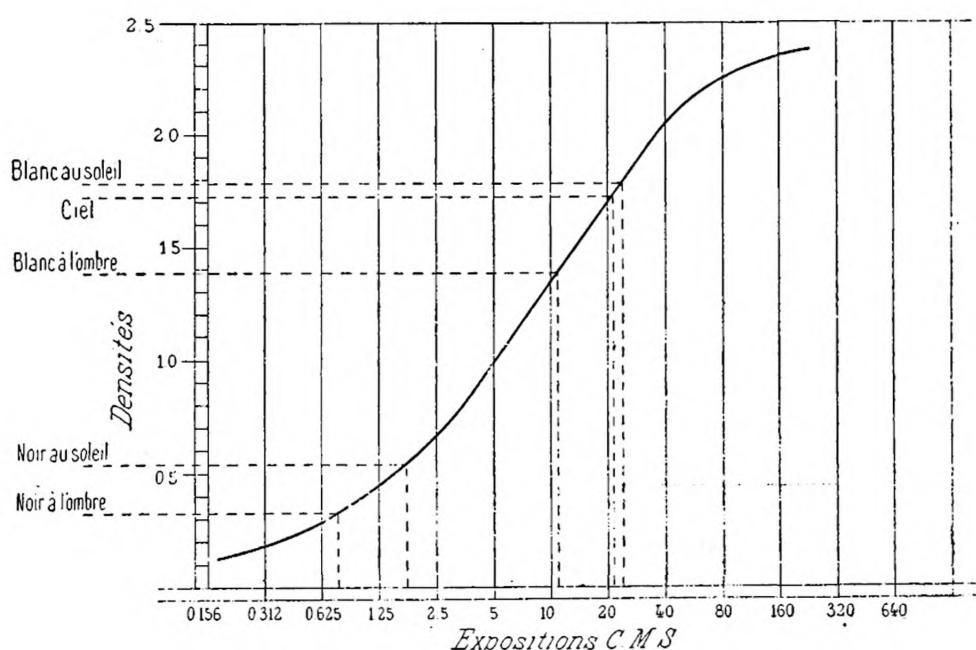
Un écran pliant ordinaire (un paravent) sur chacune des deux feuilles duquel on aura collé une feuille de papier blanc et une feuille de papier aiguille mat, constitue un excellent sujet pour des expériences de cette nature.

L'écran est placé de telle sorte que l'une des feuilles soit directement éclairée par le soleil, l'autre seulement par la lumière diffuse du ciel, celui-ci étant lui-même visible dans le champ de l'appareil.

Ce sujet nous fournit dans ces conditions cinq intensités bien différentes :

1<sup>o</sup> Ciel ; 2<sup>o</sup> Blanc au soleil ; 3<sup>o</sup> Blanc à l'ombre ; 4<sup>o</sup> Noir au soleil ; 5<sup>o</sup> Noir à l'ombre.

Le tableau suivant nous donne les résultats d'une telle expérience, tandis que nous voyons graphiquement, sur le diagramme n° 2, la méthode de comparaison qui fixe ces intensités en bougie mètre seconde.



Une plaque fut coupée en quatre fragments dont trois furent exposées consécutivement dans l'appareil photographique avec des poses de 8/10, 4 et 24 secondes, et la quatrième exposée à l'étau des illuminations allant de 0.312 b. m. s. à 160 b. m. s.

Les densités trouvées furent :

EXPOSITIONS	DENSITÉS DES NÉGATIFS		
	8/10 de sec.	4 sec.	24 sec.
Ciel . . . . .	0,940	1,695	2,260
Blanc au soleil. . . . .	0,940	1,735	2,280
Blanc à l'ombre . . . . .	0,620	1,360	2,080
Noir au soleil . . . . .	0,120	0,530	1,290
Noir à l'ombre. . . . .	0,060	0,320	1,025

Densités de la plaque graduée.

EXPOSITIONS b. m. s.	0,312	0,625	1,25	2,5	5	10	20	40	80	160
Densités . . . . .	0,150	0,150	0,440	0,700	1,040	1,360	1,665	1,935	2,160	2,295

On construisit la courbe représentative des densités obtenues par ces dix lumières, en prenant comme abscisses les logarithmes de l'exposition, et les densités comme ordonnées.

Des parallèles correspondant aux densités des 3 négatifs furent menées, et par leurs intersections avec la caractéristique, les perpendiculaires furent élevées, indiquant les lumières équivalentes (en b. m. s.) à celles qui avaient produit les densités considérées.

Dans le diagramme II, on a ainsi utilisé les densités du négatif exposé 4 secondes, et on voit que les lumières respectivement équivalentes sont en b. m. s.

	CIEL	BLANC (soleil)	BLANC (ombre)	NOIR (soleil)	NOIR (ombre)
Négatif exposé 4 s.	20,80	22,50	10,20	1,62	0,77

L'on voit ainsi que le rapport entre l'intensité lumineuse d'un papier noir mat à l'ombre et celle d'un papier blanc en plein soleil est de 0,77 : 22,5 soit 1 : 29.

INTENSITÉS lumineuses relatives du	CALCULÉES AU MOYEN des négatifs exposés			MOYENNES
	8/10 <sup>e</sup> de s.	4 <sup>s</sup>	24 <sup>s</sup>	
Ciel . . . . .	30	27,7	29	28,9
Blanc. . . { au soleil . . .	30	30	30	30
Blanc. . . { à l'ombre. . .	15	13,6	13	13,8
Noir . . . { au soleil . . .	1,83	2,1	1,78	1,90
Noir . . . { à l'ombre. . .	1,16	1,02	1,01	1,06

Des résultats analogues furent obtenus avec les 2 autres négatifs ; la table suivante indique les valeurs relatives, la plus forte lumière étant prise égale à 30.

Cette expérience nous apprend qu'un objet en plein soleil est à peu près deux fois plus lumineux que le même objet à l'ombre, et que l'échelle totale des tons entre le noir mat à l'ombre et le ciel brillamment éclairé, est d'environ 1 : 30.

Les expositions données dans l'appareil photographique ont donc varié de 1 à 30, comme l'indiquent les négatifs obtenus avec courte pose aussi bien que ceux à longue pose.

## SUR LE DEGRÉ D'EXACTITUDE DANS LE RENDU DES VALEURS RELATIVES DES INTENSITÉS LUMINEUSES

Deux négatifs sont semblables au point de vue de leurs qualités d'impression quand les différences de densités sont les mêmes, quel que puisse être d'ailleurs le rapport de ces densités.

Deux clichés peuvent avoir des densités relatives très différentes, et rester cependant également conformes à la vérité, fournissant des épreuves identiques, avec n'importe quel procédé de tirage, pourvu, bien entendu, que le même soit employé dans les deux cas.

Ainsi donc, tant que les intensités lumineuses d'un sujet donné se maintiendront dans les limites d'une certaine échelle d'intensités, et si le temps de pose est tel que les densités produites tombent sur la partie rectiligne de la courbe caractéristique, les différences de densité, pour un même sujet, seront indépendantes du temps de pose, et, de plus, seront égales.

Supposons que la partie rectiligne de la caractéristique corresponde, pour une certaine plaque, à une échelle d'expositions allant de 1 à E, et que les intensités lumineuses extrêmes du sujet à représenter soient entre elles 1 et I, la durée de pose pourra varier sans inconveniit dans le rapport de 1 à  $\frac{E}{I}$ , et entre ces deux limites, n'importe quel temps de pose donnera des négatifs qui, après développement, dans un même révélateur, pendant le même temps, fourniront par la suite des photographes identiques.

Prenons par exemple le cas de la plaque A.

La portion rectiligne de la caractéristique peut être considérée comme s'étendant entre deux limites dont le rapport est 1 : 80. Si le sujet à photographier n'est éclairé que par la lumière diffuse, les intensités lumineuses allant du noir mat au blanc et même bien au delà, seront au maximum de 1 à 20.

Des temps de pose variant dans le rapport de 1 à 4 fourniraient dès lors des négatifs qui, développés dans des conditions identiques, seront eux-mêmes de qualités identiques au point de vue de l'impression, si l'on ne tient pas compte de l'inégale durée du temps du tirage des épreuves sous ces clichés.

Si la vérité dans le rendu peut être légèrement altérée, et que l'on considère comme suffisamment satisfaisante la portion de caractéristique comprise entre 0.312 et 160, soit un rapport de 1 : 512 pour les limites extrêmes, la latitude d'exposition pour le même sujet sera de 1 :  $\frac{512}{20}$  soit 1 : 25, et il n'y aura que très peu de différence entre les épreuves tirées de ces divers négatifs, surtout si l'on a tant soit peu prolongé le développement de ceux plus faiblement exposés.

Dans la même hypothèse, mais avec un sujet éclairé de plein soleil, la latitude serait 1 :  $\frac{512}{30}$  soit 1 : 17.

L'expérience que nous avons décrite a été faite sur une plaque dont la portion

rectiligne de la caractéristique s'étendait d'une exposition de 1 b. m. s. 5 à une de 59 b. m. s.

Pour un paysage ensoleillé ordinaire, la latitude dans l'exposition eût par conséquent été petite, soit  $\frac{50}{1,5 \times 30} = 1,1$ , soit donc seulement 1/10 de sa valeur correcte en supposant que l'on eût désiré un rendu scrupuleusement exact.

La plaque insolée pendant 4 secondes était la plus exactement posée des trois; celle n'ayant reçu que  $\frac{1}{5}$  de cette pose rend bien correctement la gradation des parties les plus claires, mais non celle des ombres; celle ayant reçu un temps de pose 6 fois trop long rend correctement les ombres et demi-teintes jusqu'au blanc à l'ombre, mais non les lumières les plus vives.

Le tableau suivant montre les différences respectives de densité entre les diverses régions pour chacune de ces plaques; ces différences seraient identiques d'une plaque à l'autre, si les épreuves que l'on en peut tirer étaient identiques.

TEMPS DE POSE	0 <sup>e</sup> 8	4 <sup>e</sup>	24 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup> 8 Développement prolongé
DENSITÉ LA PLUS FAIBLE	0,060	0,320	1,025	0,100
DU NOIR À L'OMBRE AU NOIR AU SOLEIL.	0,060	0,210	0,265	0,100
DU NOIR AU SOLEIL AU BLANC À L'OMBRE.	0,500	0,830	0,790	0,830
DU BLANC À L'OMBRE AU BLANC AU SOLEIL.	0,320	0,375	0,200	0,530
DIFFÉRENCES EXTRÊMES				
DU NOIR À L'OMBRE AU BLANC AU SOLEIL.	0,880	1,415	1,225	1,460

Il est bon de remarquer qu'au point de vue de la pratique courante, la plaque posée 24 s. au lieu de la pose correcte de 4 s. donne des différences de densités bien suffisamment exactes si ce n'est peut-être pour les plus vives lumières.

Les épreuves que l'on peut tirer sont identiques, sauf pour les luminosités comprises entre le blanc à l'ombre et le blanc au soleil, cependant, la pose pour l'un des négatifs a été six fois plus considérable que pour l'autre.

De même, la plaque sous exposée traduit les lumières, ainsi que toutes les zones claires avec une égale vérité; si cependant ce négatif avait été développé plus longtemps que les autres, les gradations se seraient notablement améliorées, c'est ce qu'indique la dernière colonne de droite du tableau précédent.

La différence existant entre les épreuves positives aurait été beaucoup moins considérable, les plus grandes devenant :

	8 s. 8	4 s.	24 s.
Noir à l'ombre et blanc à l'ombre	0.930	1.040	1.055

différences beaucoup trop voisines pour être distinguées à l'œil.

Ces trois négatifs diffèrent cependant beaucoup par la durée du tirage des épreuves si, pour chacune d'elles l'on désire obtenir une égale profondeur dans les ombres.

PLAQUES EXPOSÉES	6 <sup>e</sup> 8	4 <sup>e</sup>	24 <sup>e</sup>
Durée du tirage . . . . .	1	5/3	6

De ces expériences, il résulte clairement que la latitude dans le temps de pose n'est pas inhérente au mode de développement, mais à la plaque elle-même, ainsi qu'au peu d'étendue de l'échelle des luminosités que l'on a ordinairement à y enregistrer, toutes causes auxquelles vient s'ajouter l'incapacité de l'œil à juger le plus ou moins d'exactitude du rendu d'une échelle de teintes.

F. HURTER ET V.-C. DRIEFFIELD.

*British Journal of Photography*, 21 juillet 1893, p. 456.

Traduit de l'anglais par L.-P. CLERC.

## ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LA COUCHE SENSIBLE

Nos expériences ne se bornent pas seulement à mettre en évidence ce fait que la densité, considérée en elle-même, n'est pas caractéristique de la quantité de lumière reçue, puisque la densité peut, soit être due partiellement à un voile, soit ne pas avoir été développée jusqu'à sa limite, mais nos expériences montrent de plus que le rapport de deux densités, déduction faite du voile, est une fonction de la lamination de la plaque. On notera que dans ces expériences, la quantité de lumière reçue a toujours varié de 10 à 80 BMS.

Si nous considérons pour les diverses marques de plaques, le rapport des densités correspondant à ces lamination, nous trouvons pour chaque sorte de plaque une valeur différente, tandis que pour une même plaque, ce rapport est constant (1).

NOM DE LA PLAQUE	RAPPORT DES DENSITÉS pour des lamination dans le rapport de		NUMÉROS DES EXPÉRIENCES
	40/10	80/10	
Ilford, étiquette rouge . . . . .	1,53	1,63	43
United Kingdom. . . . .	3,12	4,27	43
Manchester lentes . . . . .	2,97	3,82	43

Pour deux mêmes lamination, le rapport est moindre avec les plaques rapides qu'avec les plaques lentes, et, avec une même plaque, ce rapport varie, si le rapport des quantités de lumière, reçues restant fixe, les valeurs absolues de ces quantités de lumière varient, comme on le voit, sur le dernier tableau représentant des expériences, effectuées sur des plaques que nous avions nous-mêmes préparées.

PLAQUE PRÉPARÉE par les auteurs.	RAPPORT DES DENSITÉS POUR		
	460/20	240/30	1440/180
	8,00	5,30	3,00

(1) Nous avons supprimé un certain nombre de tableaux et de diagrammes justificatifs des propositions énoncées, mais en conservant à ceux des tableaux que nous avons reproduits les numéros sous lesquels ils sont désignés dans le mémoire original auquel nous renvoyons le lecteur pour plus amples informations.

Il est donc certain que le rapport de deux densités ne dépend pas seulement des rapports des quantités de lumière reçues, mais aussi de la sensibilité des plaques et des valeurs absolues des quantités de lumière agissantes.

*Unité de lamination.* — Pour ces expériences, il était nécessaire d'employer une unité de « quantité de lumière ».

Nous avons choisi l'intensité d'une bougie étalon à un mètre de distance, la durée d'action étant de une seconde (1).

Cette unité de temps de pose = bougie-mètre seconde (BMS).

Les durées d'exposition ont été mesurées au chronomètre ou pour les courtes expositions au métronome, mais les erreurs relatives deviennent trop considérables pour des temps inférieurs à 10 secondes. Pour ces quantités de lumière moindres que 10 BMS, nous préférerons placer la bougie à 2 mètres, réduisant ainsi l'intensité lumineuse à  $\frac{1}{4}$  BMS.

Il est à peine besoin d'ajouter que nous nous sommes directement assurés que, dans les limites de nos expériences, il est indifférent de poser 40 secondes à  $\frac{1}{4}$  de bougie-mètre ou 10 secondes à 1 bougie-mètre.

Nous avons aussi montré que, tant que l'on ne considère que les rapports des densités, ceux-ci restent constants, que l'exposition soit faite à la bougie, à la lampe à pétrole, ou à la lumière du jour, à condition que les produits (éclairagement par temps d'exposition) restent les mêmes.

Les intensités de sources lumineuses aussi différentes ne peuvent cependant être comparées par le photomètre de BUNSEN, mais par l'intermédiaire d'expériences photographiques (2).

Avec la bougie étalon, nous avons d'abord recherché l'effet sur les plaques de illuminations prolongées.

Une plaque « Manchester » lente exposée et développée à l'oxalate ferreux puis mesurée, a donné les résultats suivants :

EXPOSITIONS en BMS.	DENSITÉS	DIFFÉRENCE	EXPOSITIONS en BMS.	DENSITÉS	DIFFÉRENCES
0,625	0,045		80	1,010	0,255
1,25	0,055	0,010	160	1,270	0,260
2,50	0,085	0,030	320	1,555	0,285
5	0,175	0,090	640	1,885	0,330
10	0,250	0,075	1.280	2,088	0,203
20	0,460	0,210	2.560	2,262	0,174
40	0,755	0,295	5.120	2,352	0,090

On voit que, chaque fois que la durée de l'exposition est doublée, la densité augmente, très lentement au début, puis considérablement et, si l'on tient compte des erreurs d'expériences, de 40 BMS à 1280 BMS chaque fois que la lumina-

(1) Pour les détails relatifs aux conditions dans lesquelles doivent être faites ces expériences, voir *Revue des Sciences photographiques*, septembre 1906.

(2) Avec un peu de soin on peut assez facilement reproduire, non seulement les rapports, mais aussi les valeurs absolues des densités avec une approximation suffisante.

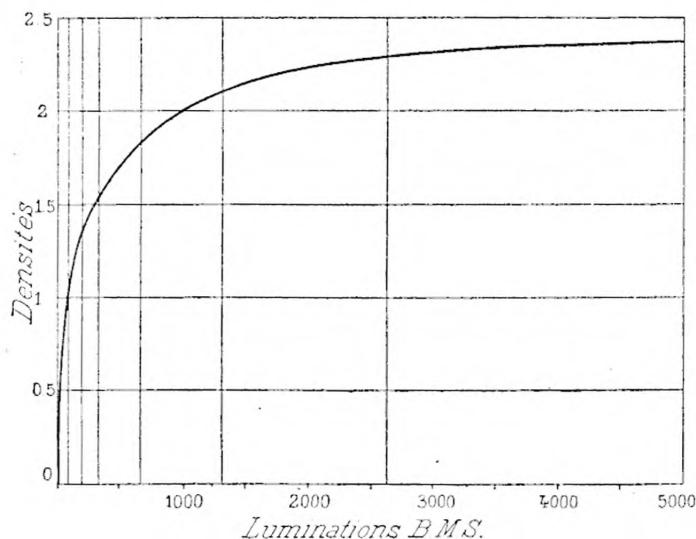
tion est doublée, la densité augmente à peu près d'une même quantité, soit à peu près en moyenne 0.266, mais au delà de 1280 BMS, si l'on continue à doubler, la densité augmente de moins en moins. Les premières densités énoncées sont trop faibles pour être susceptibles de mesures exactes.

La série suivante d'expériences a été poussée encore plus loin, afin de voir jusqu'à quelle limite on peut tendre.

EXPOSITIONS en BMS.	DENSITÉS	Différences	EXPOSITIONS en BMS.	DENSITÉS	Différences
1	0,060		1.024	2,985	+ 0,450
2	0,460	+ 0,400	2.048	3,115	+ 0,430
4	0,340	+ 0,480	4.096	3,280	+ 0,465
8	0,500	+ 0,460	8.192	3,405	+ 0,425
16	0,715	+ 0,215	16.384	3,508	+ 0,103
32	0,940	+ 0,225	32.768	3,474	- 0,034
64	1,345	+ 0,405	65.536	3,280	- 0,494
128	1,875	+ 0,530	131.072	3,128	- 0,462
256	2,290	+ 0,415	262.144	2,920	- 0,208
512	2,585	+ 0,245	524.288	2,464	- 0,456

Cette série d'expériences ne pourrait avantageusement être représentée par la méthode graphique en prenant pour abscisses les quantités de lumières, car elles varient de 1 unité à  $\frac{1}{2}$  million. Mais il est évident qu'une exposition prolongée réduit graduellement la densité qu'il est possible d'obtenir après le développement.

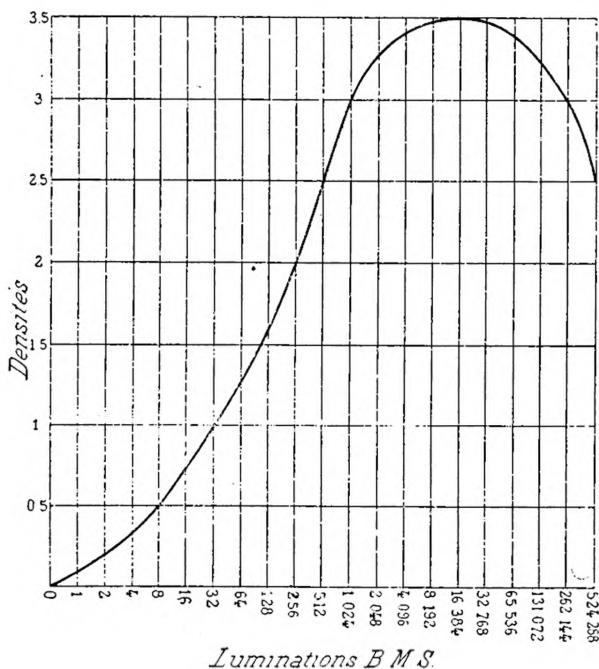
Ce que nous désirons établir, c'est qu'il est possible d'obtenir un négatif correct, conforme à la définition que nous avons donnée et nous désirons aussi rechercher la relation entre la densité et la quantité de lumière.



Si, en quelque région de la courbe des densités, comme elle est représentée par le diagramme n° 7, les densités étaient proportionnelles aux logarithmes des lumières, nous découvririons cette portion de la courbe, si on porte en abscisses non

les lumières, mais leurs logarithmes. C'est ainsi que les résultats de l'expérience 22 ont été reportés sur le diagramme n° 8 ; on voit alors que la courbe comprend 4 branches distinctes. Elle part de 1 dans une direction presque horizontale, monte lentement, jusqu'à la lumiére 15, de laquelle elle va presque en ligne droite jusqu'à la lumiére 2048, où l'accroissement de la densité devient lent.

Les densités atteignent leur maximum à 16.384, et, de là, la courbe rétrograde, les densités diminuant lentement, quand augmentent les lumières.



Nous distinguons donc 4 phases dans la marche du phénomène :

La *sous-exposition* correspondant à la première portion de la courbe ; la portion rectiligne correspondant à l'intervalle de *représentation correcte* ; viennent enfin les intervalles de *sur-exposition* et de *renversement*.

*Intervalle de sous-exposition.* — Pendant cette période, les rapports entre les densités sont d'abord, à très peu près, égaux aux rapports des lumières correspondantes. Il est très difficile d'étudier avec précision cette portion de la courbe, à cause des très courtes durées de pose nécessaires et surtout des très faibles densités obtenues, sur lesquelles des erreurs de mesure prennent une importance considérable. En préparant des émulsions très lentes, nous avons cependant réussi à montrer nettement qu'au début, la quantité d'argent réduit est proportionnelle à la lumiére.

*Intervalle de représentation correcte.* — Nous avons ainsi nommé cet intervalle parce que, pour des lumières qui s'y trouvent comprises, une plaque est capable

de donner un négatif, ne différant aussi peu que possible de celui que nous avons défini comme théoriquement parfait.

La définition exigeant que les densités soient proportionnelles aux logarithmes des expositions qui les avaient produites, la caractéristique de cet intervalle est donc la proportionnalité entre les densités et les logarithmes des expositions. Sur le diagramme n° 8, où les densités sont en ordonnées, les logarithmes des expositions en abscisses, l'intervalle de représentation correcte correspond à la portion rectiligne.

Nous avons mesuré les densités d'un très grand nombre de plaques, et, avons constaté que, dans cet intervalle, elles s'éloignaient peu de celles calculées au moyen de la relation linéaire simple

$$D = \gamma (\log. l t + C).$$

$D$  représentant la densité,  $\gamma$  une constante dépendant de la durée du développement,  $l t$  le produit de l'intensité lumineuse par le temps, c'est-à-dire la lamination,  $C$  une constante dépendant de la sensibilité de la plaque.

Nous donnons, à titre d'exemple, les résultats constatés au cours de l'une de nos expériences (n° 19), pour laquelle la constante  $C$  est nulle.

$$D = 1.75 \times \log. \text{ lamination}.$$

EXPOSITIONS	CONSTATÉ	CALCULÉ
10	1,74	1,75
20	2,37	2,27
40	2,91	2,75
80	3,33	3,50

Nous avons ainsi résolu la question que nous avions posée : « Peut-on produire un négatif parfait ? » Suivant notre définition, on peut en effet le produire à condition que la durée de pose et l'intensité lumineuse agissante soient combinées de telle sorte, que les luminations tombent dans l'intervalle de représentation correcte. Aucune variation du révélateur, quelle qu'elle soit, ne peut corriger de façon absolue la sur-exposition, ni la sous-exposition.

*Intervalle de sur-exposition.* — On ne peut dire grand chose de cet intervalle ; la courbe tend à devenir parallèle à l'axe des abscisses ; si donc les luminations sont comprises dans cet intervalle, les grandes lumières et les ombres seront représentées par des densités très voisines. Il n'y aura pas de contrastes. Dans l'intervalle n° 4, les contrastes sont exagérés, ici ils sont trop atténusés.

*Intervalle de renversement.* — C'est dans cet intervalle que commence le phénomène du renversement. Il est aisément de concevoir comment le négatif devient un positif ; tandis que les ombres agissent encore sur la plaque, pour accroître la

densité, les hautes lumières ayant dépassé le maximum, la diminuent de plus en plus.

Nous croyons erronée l'opinion de Janssen, d'après lequel on obtiendrait, en prolongeant davantage, un positif secondaire, puis à nouveau un négatif. Nos recherches montrent que la densité décroît jusqu'à une limite et une image produite par insolation prolongée se perd graduellement dans un voile uniforme, bien qu'elle soit encore visible après une insolation de 3 jours.

Une plaque « United Kingdom » a reçu diverses insolations prolongées avec les densités suivantes :

BMS . . . . .	75.000	150.000	300.000	600.000
Densités . . . .	1.415	1.416	0.970	0.925
Différences . . . .	0.304	6.141	0.045	

L'intervalle de renversement est extrêmement intéressant au point de vue théorique, et mériterait une étude plus complète, mais il nécessite des expositions d'une durée telle qu'il ne peut être envisagé au point de vue pratique.

Les trois premières régions de la courbe sont seules pratiquement intéressantes.

F. HURTER ET V.-C. DRIEFFIELD.

*The Journal of the Soc. of chemical Industry*, 31 mai 1900.

# LOI DES ACTIONS LUMINEUSES SUR LES COUCHES SENSIBLES

---

## SENSITOMÉTRIE

Nous avons déjà énoncé le fait que, dans l'intervalle de sous-exposition, les densités sont proportionnelles aux lumières (produits de l'intensité lumineuse par le temps), et que, dans l'intervalle de représentation correcte, les densités sont proportionnelles aux logarithmes des lumières. En fait, ces deux propositions ne sont que des énoncés approchés d'une même loi reliant les densités aux lumières.

Toutes les recherches photochimiques déjà entreprises ont montré qu'il y avait proportionnalité entre l'action chimique de la lumière.

L'action de la lumière sur la pellicule sensible de la plaque photographique ne constitue pas une exception à cette loi, et nous admettons comme vérité fondamentale que l'action sur la plaque est à tout moment proportionnelle à l'énergie que reçoit la plaque à ce moment.

Pendant la première période, quand la surface externe est seule atteinte par la lumière, à l'exclusion des couches sous-jacentes, les résultats expérimentaux concordent suffisamment avec cette loi.

Mais quand on vient à considérer l'action de la lumière sur les couches sous-jacentes, on doit se demander quelle est la fraction de la lumière incidente qui parvient aux particules sensibles en voie de transformation.

Des rayons lumineux qui arrivent à la plaque, les uns sont réfléchis et quelques-uns traversent. Si, en effet, une plaque sensible est insolée derrière une autre, on constate qu'elle est impressionnée aussi, bien que plus faiblement ; l'énergie de la lumière réfléchie et celle de la lumière transmise ne jouent évidemment aucun rôle dans le travail moléculaire, dont la couche sensible est le siège ; photographiquement, elle est inutile.

La lumière réellement absorbée par la pellicule est la seule lumière qui contribue à la formation de l'image latente, mais la totalité de cette lumière absorbée ne joue même pas un rôle actif, car l'on peut montrer qu'une plaque déjà insolée (1) absorbe encore autant de lumière qu'une plaque n'ayant reçu aucune impression lumineuse.

Or, la lumière absorbée par une plaque insolée au maximum ne contribue plus évidemment en rien à accroître la densité ; de ceci il résulte clairement que la lumière, qui continue à être absorbée par une particule de bromure d'argent ayant déjà reçu une illumination suffisante pour être amenée à l'état développable cesse d'être utile.

(1) Même insolé jusqu'à former l'opacité maxima au développement.

Il est donc évident que, de la lumière qui parvient à la plaque, une portion seulement est utilisée, celle qui est absorbée par le bromure inaltéré, la lumière réfléchie, la lumière transmise et la lumière absorbée par le bromure déjà modifié étant également inutiles: autrement dit, le travail effectué à un instant quelconque de l'insolation est proportionnel à l'énergie reçue par le bromure d'argent inaltéré.

Il est assez facile d'exprimer mathématiquement cette proposition, et de trouver ainsi la loi qui doit relier les densités et les lumières.

Si l'intensité de la lumière est  $I$  (limitée aux radiations chimiquement actives) et que la fraction de la lumière réfléchie à la surface de la pellicule soit  $\alpha$ , la quantité  $(1 - \alpha) I$  pénètre dans la couche sensible.

Si, au moment où nous la considérons, la pellicule renferme, par unité de surface,  $\alpha$  molécules de bromure d'argent déjà modifiés, la transparence de la plaque, en ce qui concerne ces particules modifiées, est :  $e^{-Kx}$  (cette quantité représente la lumière qui traverse les particules déjà modifiées).

Si de cette quantité nous retranchons celle qui traverse la pellicule entière (aussi bien les particules modifiées que les particules non modifiées), la différence représente la quantité de lumière réellement absorbée par le bromure d'argent non encore modifié.

Or la lumière qui traverse toute la pellicule constitue la transparence de la plaque elle-même  $e^{-Ka}$ ,  $a$  étant le nombre de particules modifiées ou non par unité de surface.

La lumière réellement active à l'instant considéré a donc pour intensité

$$(1 - \alpha) I (e^{-Kx} - e^{-Ka})$$

Multippliant cette expression par la durée correspondante  $dt$ , nous obtiendrons l'énergie cédée par la lumière pendant ce temps au bromure d'argent sensible.

Appelons  $E$  l'énergie nécessaire pour modifier une particule de bromure d'argent (l'amener à l'état développable), le nombre  $dx$  de particules transformées dans le temps  $dt$  est :

$$dx = \frac{1}{E} (1 - \alpha) e^{-Ka} dt.$$

En intégrant cette équation et remplaçant  $e^{-Ka}$  par le symbole  $O$ , nous trouvons que la densité de l'image latente avant son développement est

$$D = \log_e (O - (O-1)\beta^{K(1-\alpha)} \frac{It}{E})$$

où  $\beta$  est une fraction dont le logarithme népérien est  $(-\frac{1}{\alpha})$ ,  $O$  représentant l'opacité de la plaque (pour les rayons chimiquement actifs) avant l'insolation.

Pour arriver à cette relation entre la densité  $D$  et la lamination  $It$ , on a fait implicitement deux hypothèses qui nécessitent une explication.

On a admis la même valeur du coefficient  $K$  d'absorption pour le bromure modifié et le bromure non modifié. Par l'exemple direct, nous avons effectivement montré qu'il en est bien ainsi. Si, derrière une plaque dont une portion a été

insolée pour fournir la densité maximum et dont l'autre moitié a été conservée dans l'obscurité, on expose une plaque très sensible pendant un temps convenable, on constate au développement qu'il n'y a aucune différence entre les deux moitiés de la plaque ainsi traitée. Le coefficient  $K$  est donc bien le même vis-à-vis des lumières actives, qu'il s'agisse de bromure transformé ou non transformé.

La seconde hypothèse est que le passage de la lumière, au travers de la pellicule, obéit aux lois de l'absorption, exposées au début de ce mémoire (1). Si l'on ne considère que les rayons actifs non réfléchis, cette loi de l'absorption s'applique encore, mais nous serions entraînés trop loin si nous voulions justifier ce fait dans ce cas particulier.

Pour en revenir à notre formule, quelques modifications doivent lui être faites en vue de la compléter.

La densité, telle qu'elle est donnée par la formule, est la densité *maxima*, après réduction à l'état métallique de la totalité du bromure d'argent modifié par les rayons actifs du spectre. Nous pouvons, s'il nous plaît, développer jusqu'à obtenir la densité maxima, mais au cours du développement et avant que la réduction ne soit complète, nous avons reconnu que les densités aux divers points restaient proportionnelles à tout instant à leur valeur limite; pour avoir la densité de l'image à une phase intermédiaire quelconque de son développement il nous suffit donc de multiplier l'expression ci-dessus par un facteur  $\gamma$  que nous appelons le facteur de développement.

La formule devient ainsi :

$$D = \gamma \log_e \left\{ O - (O-1) \beta^{K(1-\alpha)} \frac{i}{E} \right\}$$

$K$ ,  $\alpha$  et  $E$  représentent des propriétés physiques ou chimiques de l'émulsion au bromure d'argent, propriétés dont l'ensemble indique la sensibilité à la lumière. Nous pouvons les remplacer par un symbole unique et écrire

$$i = \frac{K}{E(1-\alpha)}$$

dans ces conditions  $D$  devient

$$D = \gamma \log_e \left\{ O - (O-1) \beta^{\frac{K}{i}} \right\}$$

Cette formule exprime la densité après le développement en fonction de l'opacité de la plaque non exposée, de la lamination et du symbole  $i$  qui est une mesure de la « lenteur » du bromure d'argent émulsionné et que nous avons appelé *inertie* de la préparation sensible.

Pour montrer l'approximation des densités calculées par cette formule avec celles obtenues dans les précédentes expériences (21 et 22) nous mettons ci-dessous en présence les densités calculées et les densités mesurées. (Nous dûmes pour

(1) *Revue des Sciences photographiques*. juin 1906, page 87.

BMS	CONSTATÉ	CALCULÉ	BMS.	CONSTATÉ	CALCULÉ
0,625	0,043	0,035	80	1,010	0,992
1,25	0,054	0,063	160	1,270	1,272
2,50	0,085	0,121	320	1,555	1,534
5	0,175	0,214	640	1,885	1,780
10	0,250	0,339	1280	2,088	2,022
20	0,460	0,520	2560	2,262	2,218
40	0,755	0,743	5120	2,352	2,352

cela déterminer d'abord l'opacité des plaques employées pour les rayons du spectre compris entre F et H ; nous trouvâmes pour cette opacité 332).

En examinant les résultats calculés, nous leur constatons les mêmes caractères que ceux que nous avons énoncés comme spéciaux aux trois premières périodes de l'action de la lumière. Pour les courtes lumières les densités calculées sont presque proportionnelles aux lumières, tandis que de 16 BMS à 1200 BMS les densités croissent de quantités presque égales quand on double la lumiére et diffèrent peu des résultats calculés par la formule plus simple.

$$D = \gamma (\log. It - C).$$

Pour permettre cette comparaison, nous groupons ci-dessous les résultats calculés (col. 1) par la formule complète et (col. 2) ceux calculés d'après cette formule approximative.

BMS	(1)	(2)	BMS	(1)	(2)
16	0,735	0,735	256	2,125	2,151
32	1,050	1,089	512	2,518	2,505
64	1,405	1,443	1,024	2,860	2,859
128	1,800	1,797	2,024	3,138	3,213

Nous croyons utile d'appeler l'attention sur ce point, car la formule approximative est d'une application extrêmement facile, tandis que la formule correcte nécessite des calculs assez pénibles.

Bien qu'il existe en général un rapport très étroit entre les résultats expérimentaux et les résultats calculés, il existe néanmoins dans certains cas des divergences.

Nous avons donc jugé nécessaire de prouver expérimentalement l'exactitude de notre équation pour l'expression de la densité finale en fonction de l'opacité de la couche non modifiée, opacité mesurée pour la lumière bleue du spectre.

Nous avons préparé des plaques sensibles d'opacités très différentes en étalant sur des surfaces égales des quantités différentes de bromure d'argent. Ces plaques

étaient examinées en lumière bleue pour la mesure de leur opacité primitive ; on obtint les résultats suivants :

NUMÉROS des Plaques préparées	GRAMMES d'argent par décim. carré	OPACITÉ en lumière bleue
1	0,016	1,738
2	0,031	3
3	0,062	10
4	0,124	83

Au moyen de ces opacités, quatre courbes furent déterminées par le calcul après que les constantes eurent été déterminées ; pour cela deux lumières respectivement égales à 30 et 240 MBS furent données à une plaque de chaque sorte ; les mesures sont résumées dans le tableau ci-après.

La dernière ligne du tableau fournissant les rapports des densités théoriques calculées au moyen de la formule complète, on voit que les rapports théoriques concordent avec les rapports constatés, aussi bien qu'on le peut attendre d'expériences si délicates. Le graphique n° 10 résume ces expériences.

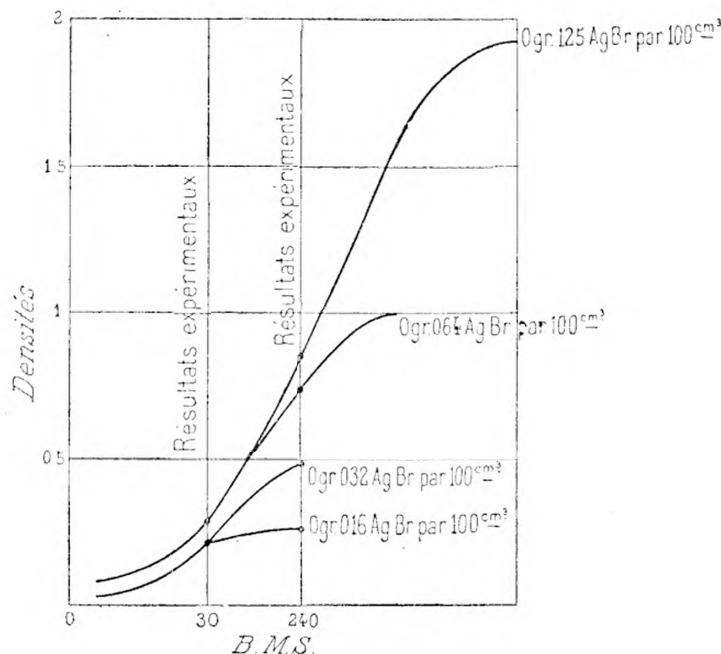
BMS	Plaque 1	Plaque 2	Planche 3	Planche 4
30	0,065	0,095	0,260	0,272
240	0,120	0,273	0,700	0,852
Rapports mesurés.	1,84	2,89	2,69	3,31
Rapports calculés.	1,70	2,50	2,83	3,22

Ce diagramme appelle quelques remarques ; on voit d'abord que la portion droite de chaque courbe est d'autant plus courte que la plaque sensible est couverte d'une couche plus mince d'émulsion. La période de représentation correcte est donc très limitée, et de grands contrastes seront convenablement rendus par une plaque à couche mince.

L'on constate aussi que le centre de chacune des portions rectilignes n'est pas en même position et que plus mince est la couche, plus faible est la lamination qui amène dans la portion centrale. Cela signifie qu'une plaque mince est plus rapide qu'une plaque épaisse couverte de la même émulsion. Une plaque mince paraît cependant encore bien plus rapide qu'elle ne l'est réellement ; comme elle est incapable de rendre de grands contrastes, le négatif paraît toujours plat et donne à l'œil la sensation d'une plaque surexposée.

Connaissant maintenant la grande influence de l'opacité d'une plaque non exposée

sur la densité de l'image résultante, nous devons faire remarquer une des plus graves causes d'erreur qui puissent survenir dans les expériences photographiques du genre de celles que nous avons entreprises. Si une plaque n'est pas couverte de



façon parfaitement uniforme, les densités produites après développement, pour des expositions égales, seront différentes en divers points de la plaque.

Nous en donnons un exemple par le tableau ci-dessous qui présente les densités mesurées sur la moitié gauche et sur la moitié droite d'une même plaque.

BMS.	I	II	RAPPORTS
10	0,275	0,240	1,14
20	0,535	0,480	1,12
40	0,825	0,775	1,06
80	1,485	1,080	1,40

Sur une telle plaque, les erreurs peuvent atteindre de 6 à 14 % par suite de l'épaisseur inégale de la couche.

Inutile de dire que, dans la chambre noire et à la lumière rouge, une telle différence n'est pas appréciable. Le seul remède est l'emploi de plaques à couche très épaisse.

Des plaques à couche épaisse donnent également une plus grande latitude dans l'exposition. Certaines plaques, avec des temps de pose variant dans le rapport 2/1 auraient donné des reproductions correctes de sujets ayant des contrastes de 8/1. Des temps de pose de 10 ou de 20 secondes auraient donc donné des photogrammes

identiques, la seule différence entre les négatifs résidant dans la nécessité d'un plus long tirage sous le plus dense des deux.

L'emploi des plaques minces nécessite au contraire que le temps de pose soit chaque fois déterminé avec une grande exactitude.

F. HURTER ET V.-C. DRIEFFIELD

*The Journal of the Society of Chemical Industry*, 31 mai 1890, p. 455 et suivantes.  
Traduction L.-P. C.

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

*Adaptation du sensitomètre Scheiner à l'étude des plaques orthochromatiques et des écrans colorés* (André CALLIER, Congrès international de photographie, Liège, 1906).

Le sensitomètre Scheiner est un des instruments les plus précis qui aient été proposés pour l'étude de la sensibilité des plaques photographiques. Il comprend une source lumineuse (une bougie à benzine), un disque à découpages tournant autour d'un axe passant par son centre, et un petit châssis contenant la plaque à étudier. La bougie est placée à une distance déterminée du disque et le châssis se trouve immédiatement derrière celui-ci. Au moment de l'expérience on imprime au disque un mouvement de rotation rapide ; on ouvre le châssis et le disque tournant toujours, on laisse la plaque découverte pendant un temps donné, après quoi on la développe et on la fixe. Lorsqu'elle est sèche, on l'applique, couche en dessous, contre une feuille de papier blanc, et la sensibilité de la plaque est déterminée par le dernier numéro encore lisible. Cette méthode, excellente pour les plaques ordinaires, laisse à désirer pour les plaques orthochromatiques parce que les lumières artificielles ont une composition très différente de celle de la lumière du jour ; elles sont, pour la plupart, beaucoup plus riches en radiations jaunes et les plaques orthochromatisées pour le jaune semblent posséder une sensibilité beaucoup plus grande que leur sensibilité réelle à la lumière du jour ; en outre la sensibilité absolue ne donne aucune indication sur l'orthochromatisme.

Le Dr Eder a imaginé d'étudier la sensibilité de la plaque orthochromatique à la lumière du jour en la comparant à une plaque ordinaire de sensibilité connue : on expose les deux plaques simultanément dans deux photomètres à trous placés devant une grande feuille de papier blanc uniformément éclairée par une fenêtre. Le photomètre à trous se compose essentiellement d'une plaque perforée de trous répartis en groupes : les quantités de lumière passant par chaque groupe de trous croissent suivant la même proportion que les secteurs du sensitomètre Scheiner. A cette plaque on fixe des tubes correspondant aux divers groupes de trous et on expose la plaque à étudier à l'autre extrémité des tubes. Les deux plaques étant développées, fixées et séchées, le rapport de leur sensibilité à la lumière du jour se déduit des derniers numéros lisibles. La sensibilité de la plaque orthochromatique s'exprime ainsi : elle est de  $x$  degrés inférieure ou supérieure à celle de la plaque ordinaire de sensibilité connue X ou, en d'autres termes, la plaque orthochromatique demande la même exposition à la lumière du jour qu'une plaque ordinaire de  $X + x$  degrés Scheiner.

Pour juger approximativement l'orthochromatisme d'une plaque, le Dr Eder divise la lumière en deux parties par des écrans : l'un (solution de chromate neutre de potassium à 4 %) ne laisse passer, sous l'épaisseur d'un centimètre, que les radiations rouges, jaunes et vertes ; l'autre (solution ammoniacale à 2,5 % de sulfate de cuivre) ne laisse passer sous l'épaisseur d'un centimètre que les radiations bleues et violettes qui, seules, impressionnent la plaque ordinaire. On met chaque écran de-

vant un des photomètres à trous dans lesquels on place des plaques de la marque à essayer ; on ouvre les deux photomètres simultanément et après développement, si-xage et séchage, on examine le rapport des sensibilités au bleu et au jaune. Le rapport  $\frac{\text{bleu}}{\text{jaune}}$  est d'autant plus petit que l'orthochromatisme est meilleur. Ce dernier procédé permet aussi de déterminer le coefficient par lequel il faut multiplier la pose quand on emploie un écran donné.

M. André CALLIER indique le moyen de faire ces divers essais avec le sensitomètre Scheiner au lieu des photomètres à trous, instruments coûteux qui n'ont pas l'exac-titude du sensitomètre Scheiner. Voici comment il résoud la question : dans le volet de la chambre obscure où se trouve le sensitomètre, et en face de lui, on perce un petit trou. Contre cette ouverture, et à l'extérieur, on applique quelques verres dépolis qui font ainsi de ce trou une vraie source lumineuse. Au lieu de mettre les écrans devant la source lumineuse et de faire les expériences *successives* (ce qui donne tou-jours des résultats très inexacts par suite de la variabilité extrême de l'intensité lumi-neuse du jour) M. Callier place les divers écrans devant la plaque photographique, ce qui permet de faire les divers essais *simultanément* comme on le fait avec les photo-mètres à trous. Il faut seulement des cuves-écrans de forme très étroite et allongée et remplacer le petit châssis du sensitomètre par un châssis plus profond, et assez large pour pouvoir contenir quatre tubes-écrans. On peut ainsi obtenir, par une seule opération, les rapports de sensibilité : a) de la plaque orthochromatique et de la plaque ordinaire ; b) de la plaque orthochromatique au bleu et au jaune.

Les mesures faites ainsi sur la plupart des plaques orthochromatiques du com-merce ont montré qu'elles ont une sensibilité totale parfaitement comparable à celle des plaques ordinaires rapides. Seulement, comme cette sensibilité est mieux répar-tie aux diverses radiations du spectre, on obtient avec les plaques orthochromatiques des résultats très supérieurs (plus de détails dans les parties sous-exposées, notam-ment dans les verdure) à ceux que donnent des plaques ordinaires de même sensi-bilité.

(Rapport de M. André CALLIER au Congrès de Liège).

### *Sur une précaution nécessaire dans les mesures d'opacités.*

Il semble y avoir tendance croissante à négliger la lumière diffusée dans les mesu-re de lumière transmise pour la détermination de l'opacité des noircissements pho-tographiques ; or cette lumière diffusée forme une fraction appréciable de l'intensité totale à mesurer et sa proportion varie considérablement d'un point à un autre d'une même plaque en essai ; étant variable, elle ne se prête pas à une correction de calcul. Une grande quantité de travaux entrepris dans ces quinze dernières années sont entachés de cette erreur. La lumière diffusée que l'on perd est d'autant plus considé-ra-bile que l'on s'éloigne davantage de la couche opaque mesurée ; il serait donc utile que l'organe photométrique soit aussi rapproché que possible de la couche en ex-a-men.

(Chapman JONES, Congrès international de photographie, Liège, 1906).

**Théorie du développement.** — Frappé par ce fait qu'aucun des révélateurs employés couramment dans la pratique photographique ne peut, à lui seul, *en solution aqueuse*, faire apparaître la moindre trace d'image sur une plaque impressionnée, quelque prolongée que soit son action, mais qu'il suffit d'ajonter à la solution un

---

corps approprié, généralement de réaction alcaline, pour que le développement se fasse, M. REEB en conclut que la théorie couramment admise pour expliquer le développement de l'image latente est erronée puisqu'elle s'appuie sur un fait inexact. Il tire de son étude du développement les conclusions suivantes :

1<sup>o</sup> Les révélateurs sont des corps incomplets au point de vue photographique, incapables par eux-mêmes de développer l'image latente en simple solution aqueuse ;

2<sup>o</sup> Pour qu'ils soient développateurs, il est nécessaire qu'ils aient une constitution saline, ou qu'ils puissent la contracter au moment du développement, de façon à être à la fois réducteur et saturateur d'acide bromhydrique ;

3<sup>o</sup> Que le développement ne pourra se produire que si le révélateur remplit cette double condition, de façon qu'entre le bromure d'argent insolé et le développeur il se produise une sorte de double décomposition, point initial de la réaction développatrice ;

4<sup>o</sup> Que l'alcalin a pour rôle essentiel de salifier le révélateur.

(H. REEB, Congrès international de photographie, Liège, 1906).

*De la nécessité, dans la pratique, de ne jamais perdre de vue la loi générale de la fonction photographique.*

Après avoir rappelé ses recherches sur la fonction photographique sur le halo et sur l'irradiation le Dr Guebhard conclut que la photographie ne peut être regardée comme le plus sûr des enregistreurs qu'à la condition qu'on n'en oublie jamais la loi fondamentale et qu'une saine critique, basée sur une connaissance raisonnée de l'instrument qu'on emploie, permette d'apprécier, sans recours à des explications circonstancielles, pourquoi, très normalement, l'objectif et le bain répondent tantôt blanc, tantôt noir.

(Dr Adrien GUEBHARD, Congrès international de photographie, Liège, 1906).

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

**Notes sur la théorie des obturateurs photographiques**, par J. DEMARÇAY, ancien élève de l'école polytechnique. Paris, Gauthier-Villars, éditeur.

Ces notes forment la suite de la *Théorie mathématique des guillotines et obturateurs centraux droits* de l'auteur, parue en 1892. Elles ne s'occupent que des obturateurs placés au diaphragme; on y trouvera la théorie non seulement de types d'obturateurs existants, mais aussi de types non encore réalisés, notamment d'un iris dont les avantages considérables au point de vue du rendement et les relations théoriques avec l'iris circulaire méritaient d'être mis en évidence. Ajoutons enfin que l'auteur a adopté une nomenclature commode des divers obturateurs plans qu'il étudie.

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

ÉTUDE DES OBTURATEURS DE PLAQUE, par H. WURTZ

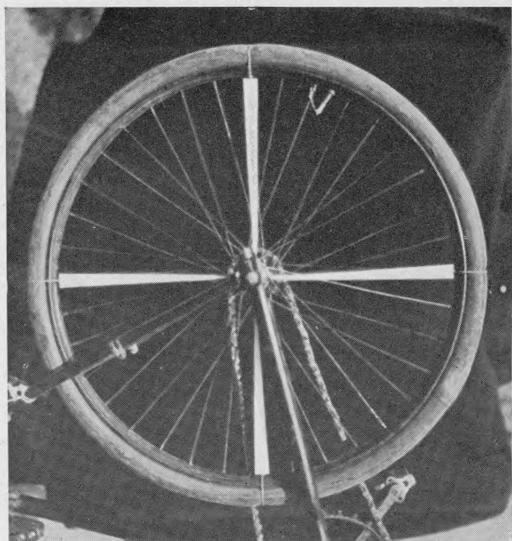


FIG. 1. — Préparation de la bicyclette.

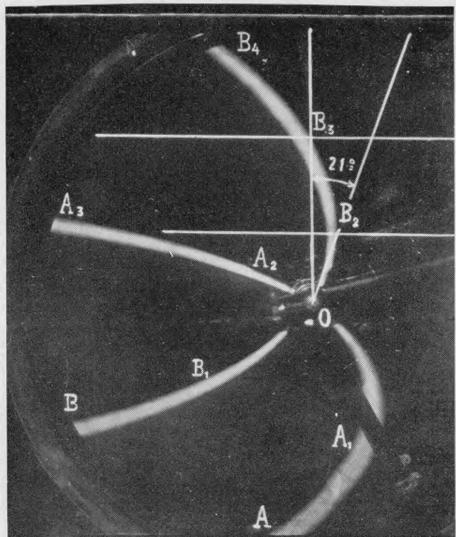


FIG. 2. — Mesure de la vitesse entre deux points  $B_2$  et  $B_3$ .

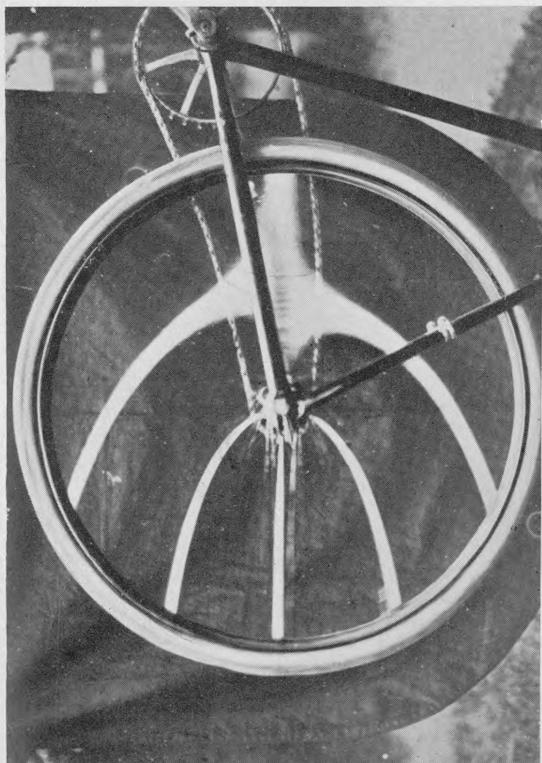


FIGURE 15.

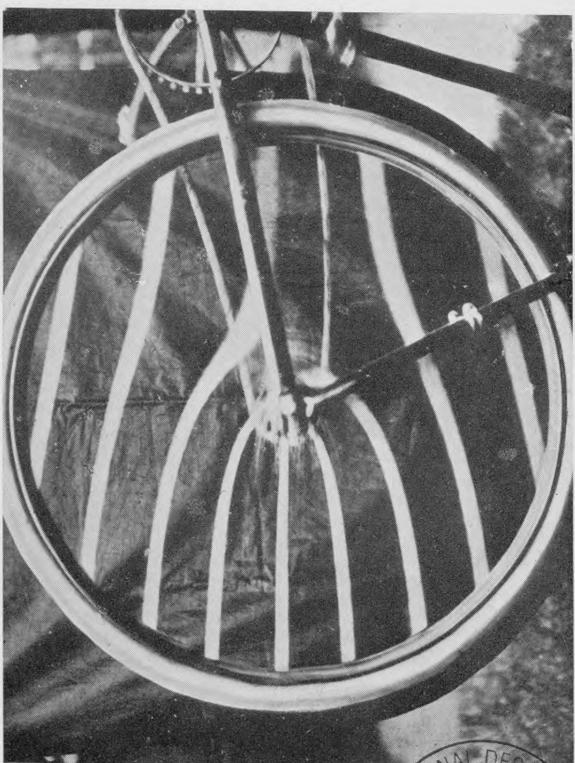


FIG. 17. — Image photographique d'une croix.



# A PROPOS DES OBTURATEURS DE PLAQUES

---

Une expérience qui permet à tout amateur de mesurer facilement la vitesse de translation du rideau dans son obturateur de plaque, m'a amené à étudier une courbe dont les propriétés mathématiques sont intéressantes ; cette étude peut en outre conduire à un résultat pratique, et a l'avantage d'expliquer quelques résultats assez surprenants de l'expérience.

**Détails pratiques de l'expérience.** — (Pour un exposé plus complet, voir la revue *La Photographie*, numéro de septembre 1906).

L'instrument de mesure est une bicyclette. Sur la roue de derrière on fixe, depuis la jante jusqu'à l'axe, quatre bandes triangulaires de papier blanc (fig. 1, planche hors texte), de manière à former une croix. Ces triangles ont été coupés de manière que les prolongements de leurs grands côtés se rencontrent au centre de la roue ; les bandes sont exactement opposées diamétralement deux à deux, et, de plus, perpendiculaires entre elles.

L'expérience consiste à photographier la roue en mouvement, et à déduire sur les clichés, de la déformation subie par les branches de la croix, la vitesse de translation du rideau de l'obturateur de plaque.

Pour cela, il suffit de braquer l'appareil photographique à petite distance sur la roue, de faire tourner cette roue en agissant sur la pédale, de compter avec une montre à secondes le nombre de tours que fait la pédale pendant 10 secondes, et de déclencher l'obturateur au bout de 5 secondes.

Le nombre de tours de roue se calcule en multipliant le nombre  $p$  de tours de pédale par la multiplication de la bicyclette, c'est-à-dire par le rapport  $\frac{N}{n}$  du nombre de dents  $N$  du grand pignon au nombre de dents  $n$  du petit pignon. La vitesse angulaire de la roue est donc, en degrés,  $p \times 36 \times \frac{N}{n}$ .

Le cliché développé donne de la roue (fig. 2, planche hors texte) une image déformée dont il est facile d'interpréter la signification.

Par exemple, quand le rideau descend de A en B, la roue tourne de l'angle AOB. Or le temps qu'a duré cette rotation est

$$t = \frac{\text{Angle } \widehat{AOB}}{p \times 36 \times \frac{N}{n}}$$

Donc le rideau descend de la distance  $e$  (qui sépare les deux horizontales pas-

sant par A et B) pendant le temps  $t$ . Sa vitesse de translation entre ces deux horizontales est donc

$$V = \frac{e}{t} = \frac{e \times 36 \times p \times \frac{N}{n}}{\text{Angle AOB}}$$

On peut donc sur le même cliché :

1<sup>o</sup> Mesurer la vitesse moyenne du rideau, entre le point le plus haut et le point le plus bas de la croix.

2<sup>o</sup> Mesurer la vitesse au commencement, puis à la fin du mouvement, ce qui permet de reconnaître le sens et la valeur des inégalités du mouvement; car celui-ci n'est jamais uniforme.

3<sup>o</sup> Reconnaître à première vue les irrégularités ou les variations de largeur de la fente pendant le mouvement.

En recommençant plusieurs fois l'expérience, on obtient les différentes vitesses de translation du rideau, suivant que le ressort qui règle ces vitesses est plus ou moins tendu.

**Étude mathématique de la courbe(1).**— Supposons le mouvement du rideau uniforme. La fente en se déplaçant reste parallèle à l'axe Oy. O est le centre de la roue. La courbe (fig. 3) coupe l'axe des  $x$  en A, à une distance  $a$  de l'origine.

L'équation de la courbe, en coordonnées polaires, est :

$$\rho \cos \theta = a - \frac{v}{\omega} \theta$$

en désignant par  $v$  la vitesse du rideau, et par  $\omega$  la vitesse de la roue.

(Remarquer qu'ici l'angle  $\theta$  et la vitesse  $\omega$  sont exprimés en fonction de  $\pi$  et non pas en degrés. Par exemple  $\frac{\pi}{4}$  ou 0,7834 et non pas  $45^\circ$ .)

Nous désignerons pour simplifier par  $w$  le rapport  $\frac{\omega}{v}$  des vitesses, car

ce rapport seul importe. L'équation est donc

$$\rho \cos \theta = a - w \theta$$

Une droite quelconque parallèle à l'axe des  $y$  ne rencontre la courbe qu'en un seul point.

(1) J'adresse ici tous mes remerciements à M. le capitaine GAY, qui a bien voulu m'aider de ses conseils et revoir mes calculs.

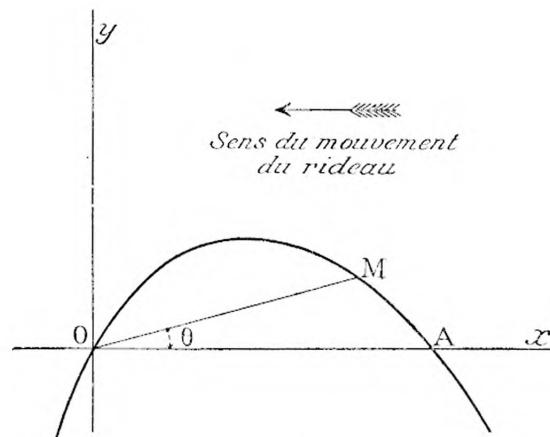


Fig. 3.

$\varrho$  étant infini toutes les fois que  $\theta = (2k+1)\frac{\pi}{2}$  (à condition que  $a-w\theta \neq 0$ ) la courbe se compose d'une infinité de branches, dont chacune correspond aux valeurs de  $\theta$  comprises entre  $(2k+1)\frac{\pi}{2}$  et  $(2k+3)\frac{\pi}{2}$ .

Celle de ces branches qui est la plus rapprochée de l'origine (ce qui dépend de la valeur de  $a$ ) diffère des autres par sa forme.

Il suffit d'ailleurs de connaître n'importe laquelle des branches pour construire toutes les autres. Car si l'on mène un rayon vecteur quelconque faisant l'angle  $\theta_1$

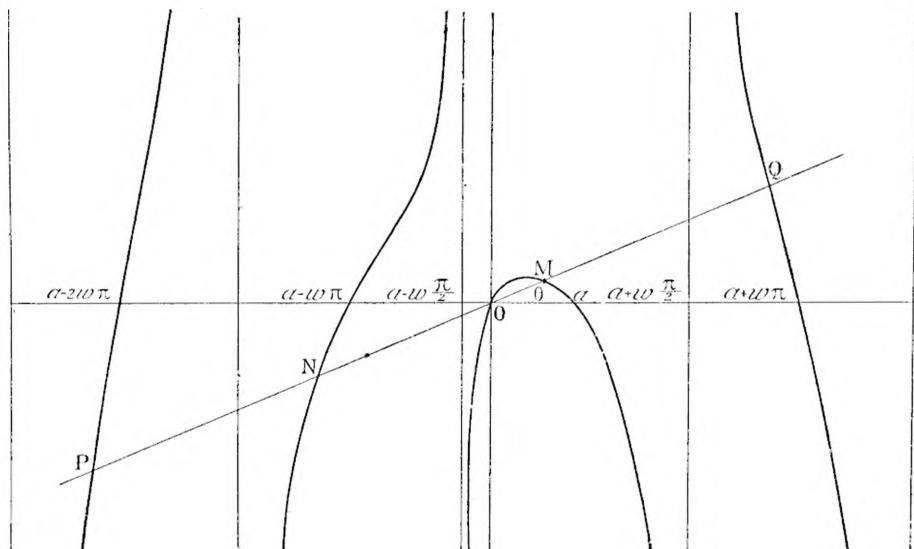


Fig. 4.

avec l'axe des  $x$ , l'un des points d'intersection de ce rayon avec la courbe est donné par la relation :

$$\rho_1 = \frac{a - w \theta_1}{\cos \theta_1}$$

En passant de  $\theta_1$  à  $\theta_1 + \pi$ , nous trouvons :

$$\rho_2 = \frac{a - w(\theta_1 + \pi)}{-\cos \theta_1} = -\rho_1 + \frac{\pi w}{\cos \theta_1}.$$

La longueur  $MN$  qui sépare, dans la direction  $\theta_1$ , deux branches consécutives, est donc  $\frac{\pi w}{\cos \theta_1}$ , c'est-à-dire qu'elle ne dépend que de  $\theta$ . Les points d'intersection de la courbe avec la droite passant par l'origine et faisant avec  $Ox$  un angle  $\theta_1$  quelconque, sont donc équidistants.

En particulier si  $\theta_1 = 0$ , l'équidistance est  $\pi w$ . Les points d'intersection de l'axe des  $x$  avec la courbe sont donc :

$$a; a - \pi w; a - 2\pi w; \dots \dots \dots a - k\pi w$$

L'intervalle  $\pi w$  représente le parcours de la fente pour  $1/2$  tour de roue.

*Asymptotes.* —  $\rho$  est infini quand on a à la fois :

$$\cos \theta = 0 \quad a - w \neq 0$$

C'est-à-dire quand

$$\theta = \frac{\pi}{2} + k\pi$$

Les asymptotes sont parallèles à  $Oy$ . Leurs distances à l'origine sont données par la formule :

$$\delta = a - w \left( \frac{\pi}{2} + k\pi \right)$$

Chacune d'elles est donc à égale distance des deux points consécutifs où, de part et d'autre, la courbe coupe l'axe des  $x$ .

*Tangentes.* — En appelant  $V$  l'angle que fait le rayon vecteur avec la tangente, on a :

$$\operatorname{tg} V = \rho \frac{d\theta}{d\rho}$$

ou encore en différenciant l'équation de la courbe :

$$\operatorname{tg} V = \frac{\rho \cos \theta}{\rho \sin \theta - w}$$

La tangente à l'origine fait avec l'axe des  $x$  un angle :  $\theta = \frac{a}{w}$ .

Si sur l'axe des  $y$  (fig. 5) nous prenons le point  $B$ , tel que  $OB = w$ , et que nous joignions ce point à un point  $M$  quelconque de la courbe, nous avons :

$$\operatorname{tg} \widehat{OBM} = \frac{\rho \cos \theta}{w - \rho \sin \theta}$$

L'angle  $yBM$  est donc égal à  $V$ . De cette remarque découlent plusieurs conséquences :

1° Si par le point  $B$  ( $y = w$ ,  $x = 0$ ) nous menons une droite quelconque, cette droite rencontre la courbe en une infinité de points, et les tangentes en ces points font avec les rayons vecteurs correspondants des angles constants et égaux à l'angle  $yBM$ .

2° Pour construire la tangente en un point  $M$  quelconque de la courbe, il suffit de faire passer (fig. 6) par ce point, par l'origine et par le point  $B$  ( $y = w$ ,  $x = 0$ )

un cercle. Par l'origine on mène une tangente à ce cercle, et par le point M, une parallèle à cette tangente [Car  $\widehat{MOC} = \widehat{TMO} = \widehat{MBO} = \pi - V$ ].

3<sup>o</sup> Le centre de ce cercle est toujours sur la perpendiculaire élevée à OB par le milieu de OB. Si d'un point E quelconque de cette perpendiculaire, nous décrivons un cercle ayant EO pour rayon, ce cercle rencontre la courbe en un certain nombre de points M, N, etc.... et les tangentes en ces points sont parallèles entre elles et parallèles à OC.

4<sup>o</sup> Réciproquement les points de la courbe où la tangente est parallèle à une direction donnée sont situés sur un cercle de construction facile.

5<sup>o</sup> En particulier (fig. 7), le point de la courbe où la tangente est parallèle à l'axe des x est situé sur un cercle de diamètre OB.

(Ce point est unique, car le cercle  $\rho = w \sin \theta$  ne rencontre la courbe qu'à l'origine et en un autre point dont les coordonnées sont données par les relations  $\rho = w \sin \theta$  et  $\frac{w \sin 2\theta}{2} = a - w\theta$ ).

6<sup>o</sup> Pour mener du point B (fig. 8) des tangentes à la courbe, il suffit de décrire, avec O comme centre, un cercle de rayon OB, de prendre les points d'intersection de ce cercle avec la courbe et de mener les droites MB, NB.

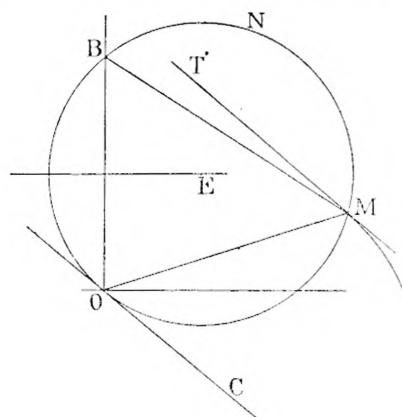


Fig. 6.

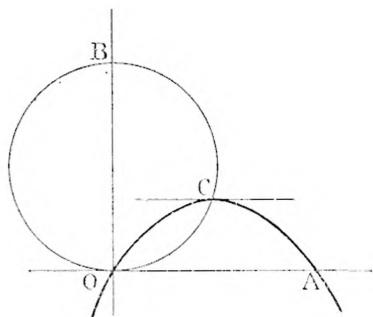


Fig. 7.

[Car les triangles BOM, BON sont isocèles. Les points d'intersection sont au nombre de 2, donnés par les relations :  $\rho = w$ ,  $w \cos \theta = a - w\theta$ ].

7<sup>o</sup> Les points de la courbe où le rayon vecteur est normal à la courbe (fig. 9) sont situés sur la droite menée par le point B parallèlement à l'axe des x.

Comme nous le verrons, ces points sont des points d'inflexion.

8<sup>o</sup> Si on décrit avec l'origine comme centre (fig. 10) un cercle de rayon R quelconque, les tangentes à la courbe aux points de rencontre de celle-ci avec le cercle

passent toutes par un même point C situé sur l'axe des  $y$ , à une distance  $\frac{R^2}{w}$  de l'origine.

En effet, les triangles OBM, OCM sont semblables, ce qui donne  $OC = \frac{R^2}{w}$ .

Si on exprime ce rayon R en fonction de  $w$ , on a  $R = nw$ ,  $OC = n^2 w$ .

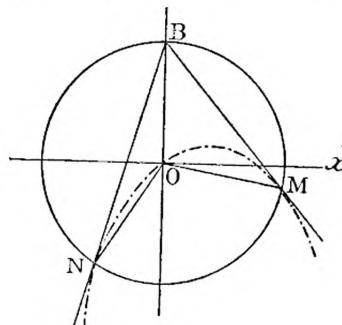


Fig. 8.

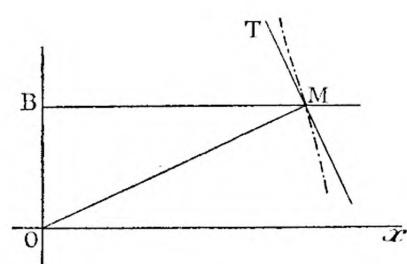


Fig. 9.

Donc, aucune des tangentes ne rencontre l'axe des  $y$  au-dessous de l'origine.

**Points d'inflexion.** — Si nous considérons une quelconque des branches de la courbe, [ $\theta$  variant de  $(2k+1)\frac{\pi}{2}$  à  $(2k+3)\frac{\pi}{2}$ ], le rayon vecteur  $\rho$  passe par

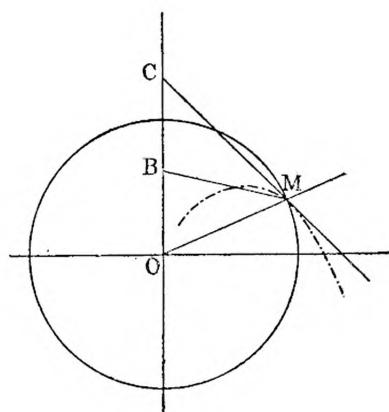


Fig. 10.

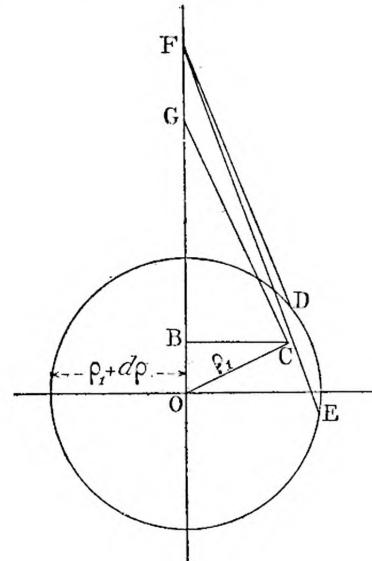


Fig. 11.

un minimum pour  $\rho \sin \theta - w = 0$  c'est-à-dire pour le point C de la branche (fig. 11) dont l'ordonnée est  $w$ . En effet on a  $d\rho = d\theta \frac{\rho \sin \theta - w}{\rho \cos \theta}$ , et  $\cos \theta$  ne change pas de signe dans les limites que nous considérons.

La tangente en C rencontre en G l'axe des  $y$ . Désignons OC par  $\rho_1$ , et traçons le

cercle de rayon  $\rho_1 + d_\varphi$ . D'après ce que nous venons de voir, ce cercle rencontre la branche en deux points D et E, et les tangentes en ces deux points se coupent sur l'axe des  $y$  en F, point situé au-dessus de G, puisque  $OF = \frac{(\rho_1 + d_\varphi)^2}{w}$ .

Donc aucune des tangentes à cette branche ne rencontre l'axe des  $y$  au-dessous du point G. Si nous considérons la courbe comme l'enveloppe des tangentes, ces tangentes descendent jusqu'à la position CG, puis remontent. En CO, la tangente est stationnaire ; donc elle coupe la courbe en plus de deux points.

Pour démontrer qu'elle la coupe en trois points, c'est-à-dire qu'elle la traverse et que le point C est un point d'inflexion, il faut avoir recours au calcul.

Menons (fig. 42) un rayon vecteur ON faisant avec le rayon vecteur OM (M étant un point quelconque de la courbe), l'angle  $\alpha$ . La tangente rencontre en A, la courbe rencontre en N ce rayon. Si  $\rho_1, \theta_1$ , sont les coordonnées du point M, on a :

$$ON = \frac{a - w(\theta_1 + \alpha)}{\cos(\theta_1 + \alpha)}.$$

D'autre part, l'équation de la tangente en M est :

$$\rho \cos \theta [\rho_1 - w \sin \theta_1] + \rho \sin \theta w \cos \theta_1 = \rho_1^2 \cos \theta_1.$$

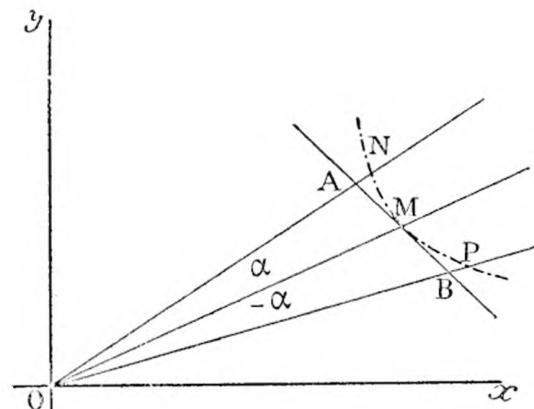


Fig. 42.

D'où on tire :

$$OA = \frac{\rho_1^2 \cos \theta_1}{\rho_1 \cos(\theta_1 + \alpha) + w \sin \alpha}$$

On en conclut :

$$A = NA = ON - OA = w \frac{\sin \alpha (\rho_1 \cos \theta_1 - \alpha w) - \alpha \rho_1 \cos(\theta_1 + \alpha)}{\cos(\theta_1 + \alpha) [\rho_1 \cos(\theta_1 + \alpha) + w \sin \alpha]}$$

De même, si nous menons le rayon vecteur OB faisant avec OM l'angle  $-\alpha$ , nous aurons :

$$B = PB = OP - OB = w \frac{-\sin \alpha (\rho_1 \cos \theta_1 + \alpha w) + \alpha \rho_1 \cos(\theta_1 + \alpha)}{\cos(\theta_1 - \alpha) [\rho_1 \cos(\theta_1 - \alpha) - w \sin \alpha]}.$$

Faisons la somme A + B, et faisons tendre en même temps  $\alpha$  vers zéro. Après simplifications, nous trouvons :

$$A + B = w \frac{2 \frac{d\theta^2}{d\theta_1^2}}{\rho_1 \cos^2 \theta_1} [w - \rho_1 \sin \theta].$$

De cette formule, nous concluons immédiatement, en menant la droite

$$w - \varphi \sin \theta = 0$$

qui rencontre la courbe en C, qu'à la condition  $\cos \theta \neq 0$  :

1° Au-dessus du point C, la tangente est du même côté que l'origine par rapport à la courbe (fig. 13).

2° Au-dessous du point C la tangente est au-delà de la courbe.

Donc au point C la tangente traverse la courbe, et C est un point d'inflexion.

Tous les points où la droite BC ( $y = w$ ) rencontre la courbe sont donc des points d'inflexion. Il n'y a point d'autres points d'inflexion.

*Nota.* — On serait arrivé au même résultat, mais avec des calculs plus longs, en cherchant les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il y ait inflexion, savoir :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0 \quad \frac{d^3y}{dx^3} \neq 0$$

**Cas particulier.** — La branche de la courbe qui passe par l'origine n'est pas en général rencontrée par la droite  $y = w$ , puisque, nous l'avons vu, elle a un maximum situé sur le cercle  $\varphi = w \sin \theta$ , de diamètre  $w$ .

Il n'y a donc de rencontre possible qu'au point B lui-même, dans un cas particulier, ce qui entraîne la relation

$$a - w (2K + 1) \frac{\pi}{2} = 0.$$

ou plus simplement, en changeant la constante :

$$a - w \frac{\pi}{2} = 0$$

L'équation de la courbe devient alors :

$\varphi \cos \theta = w \left( \frac{\pi}{2} - \theta \right)$ , ou encore, en coordonnées rectangulaires

$$y = \frac{x}{\operatorname{tg} \frac{x}{w}}$$

La courbe est symétrique par rapport à l'axe des  $y$ .

Cet axe fait évidemment partie de la courbe.

[Pratiquement, cela signifie que la fente de l'obturateur passe par l'origine au

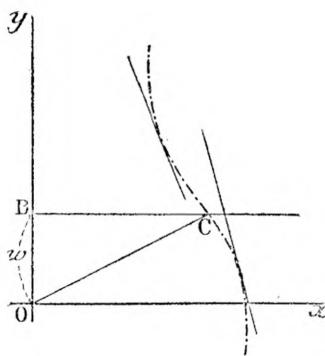


Fig. 13.

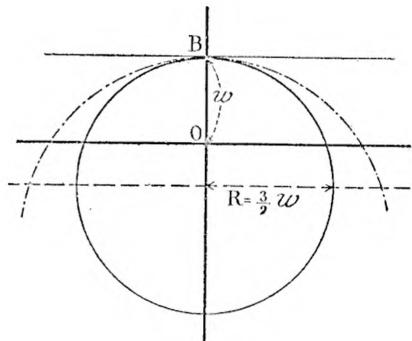


Fig. 14.

moment où la bande de papier est dans la direction de cette fente. Voir fig. 15].

La branche qui dans le cas général passe par l'origine se compose donc (fig. 14) dans ce cas particulier de l'axe des  $y$  et d'une courbe qui coupe cet axe en B, où la tangente est la droite  $y = w$ .

On démontre facilement :

1<sup>o</sup> Que la tangente  $y = w$  ne rencontre en B la courbe qu'en 3 points.

2<sup>o</sup> Que le rayon de courbure en B est :

$$R = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2y}{dx^2}} = \frac{3}{2}w$$

3<sup>o</sup> Qu'il y a en B, entre le cercle osculateur et la courbe, un contact de troisième ordre.

Ce cas particulier a pu, après quelques tâtonnements, être réalisé par l'expérience (voir fig. 15, planche hors texte).

**Cas des deux branches perpendiculaires.** — La bicyclette (fig. 1) a été munie de deux bandes de papier perpendiculaires entre elles. L'équation des deux courbes qui, à l'origine, ont leurs tangentes perpendiculaires, est,

$$\rho \cos \theta = a - w\theta, \quad \rho \cos \theta = a + w \frac{\pi}{2} - w\theta$$

Sur le même rayon vecteur un point de l'une des courbes est à égale distance des deux points voisins de l'autre.

Les asymptotes de l'une des courbes coupent l'axe des  $x$  aux points où l'autre courbe rencontre le même axe.

La tangente commune aux deux courbes a ses points de contact à égale distance de l'origine.

**Conclusion pratique.** — On ne peut savoir d'avance à quel instant de sa rotation en sera la roue au moment où la fente de l'obturateur, commençant son mouvement, découvrira l'extrémité de l'image de la bande blanche. En d'autres termes, on ne peut prévoir la valeur de la constante  $a$ .

Mais il est facile de construire les différentes courbes obtenues en faisant varier  $a$  de  $-w \frac{\pi}{2}$  à  $w \frac{\pi}{2}$ ,  $w$  ayant une certaine valeur quelconque. Nous aurons ainsi (fig. 16) une figure qui nous donnera toutes les formes susceptibles de se dessiner sur notre cliché ; la croix sera ainsi représentée par les courbes 1 et 1', ou 2 et 2', ou 3 et 3', ou 4 et 4'. Si  $a$  était supérieur à  $w \frac{\pi}{2}$ , les mêmes formes se reproduiraient périodiquement.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que les propriétés des tangentes, étudiées plus haut, sont indépendantes de la valeur de  $a$  et s'appliquent à toutes les

courbes de la forme :  $\rho \cos \theta = a - w\theta_1$ ,  $a$  ayant n'importe quelle valeur. On peut donc vérifier ces propriétés sur n'importe quelle courbe de la figure 46.

Cette figure 46 nous représente, en somme, l'aspect qu'offrirait l'image d'une bicyclette sur laquelle, au lieu d'une seule croix (fig. 4), nous en aurions tendu 4.

Faisons maintenant varier  $w$  et considérons les différentes figures ainsi obtenues ; elles seront toutes semblables à la figure 46. Car en posant  $w' = nw$ ,  $a' = na$ , on aura :

$$\rho' = \frac{n(a - w\theta)}{\cos \theta} \quad \gamma = \varphi \quad \text{et} \quad \operatorname{tg} V' = \operatorname{tg} V$$

En d'autres termes, quand  $w$  varie, l'échelle seule de la figure 46 varie — et

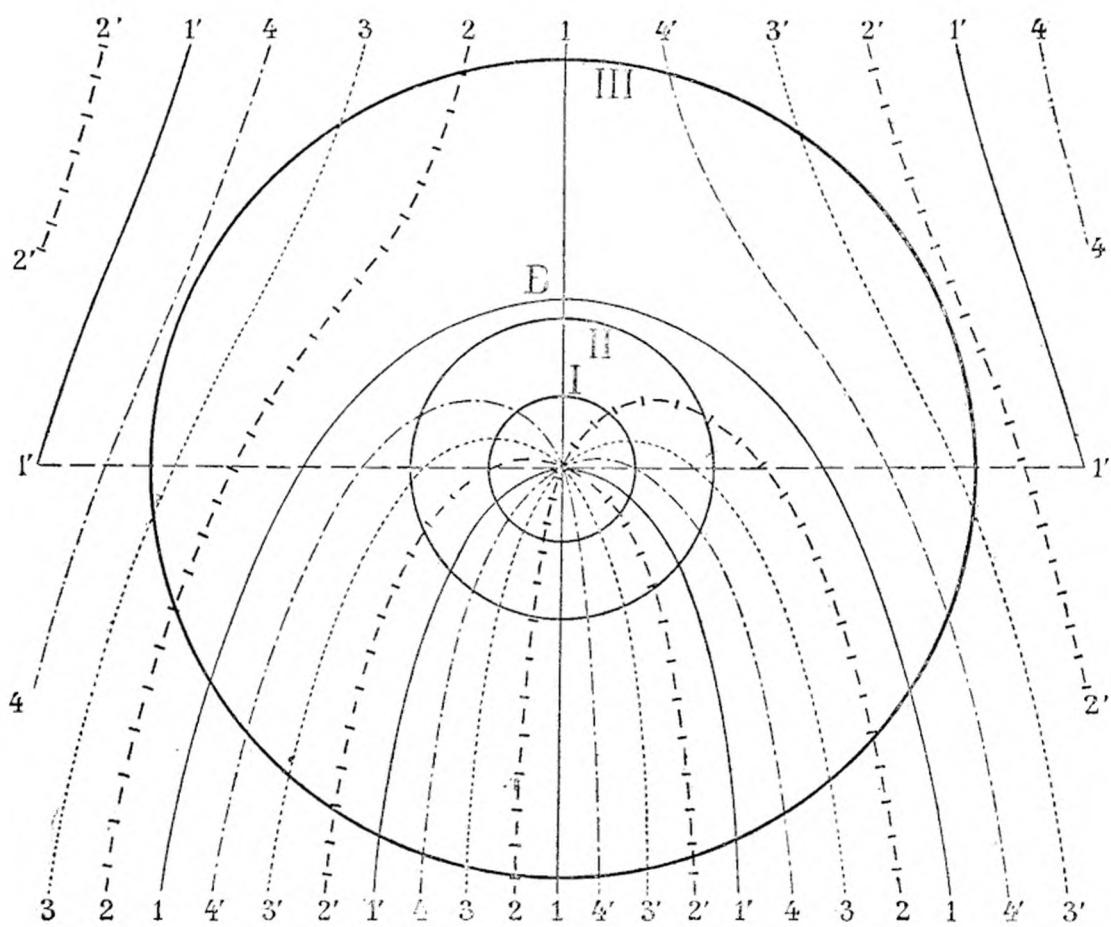


Fig. 46.

pour représenter l'expérience telle qu'elle s'impressionnera certainement sur le cliché, il suffit de représenter à différentes échelles, sur la figure 45, la roue de la bicyclette.

Par exemple, le cas de la figure 47 (planche hors texte) se rapporte à une valeur de  $w$  qu'il est facile de mesurer, soit d'après le cliché lui-même, soit d'après la figure 46, par comparaison sur le cliché.

Nous pouvons donc conclure que :

1° Si sur l'image de la bicyclette le rayon de la roue est très petit par rapport à  $w$  (fig. 46, cercle I), les mesures des angles seront difficiles, car les courbes auront un grand rayon de courbure.

2° Si l'image du rayon de la roue est inférieure à  $w$  (fig. 46, cercle 2) nous

risquons de n'avoir qu'une des branches de la croix sur le cliché, ce qui rendrait les mesures incertaines.

3° Si l'image du rayon de la roue est très grande par rapport à  $w$ , plus grande que le cercle 3 par exemple, les mesures des déplacements de la fente seront difficiles, parce que la courbe sera très peu inclinée sur cette fente (exemple, fig. 47).

Il en résulte que, pour que l'expérience réussisse parfaitement, il est bon que l'image du rayon de la roue ait une valeur légèrement plus grande que  $w$ , soit, par exemple,  $w \times 1,2$ .

Si  $r$  est le rayon de l'image de la roue sur le verre dépoli, nous pouvons donc poser :

$$w = \frac{r}{1,2}$$

Mais nous savons que  $w = \frac{v}{\omega}$ ;  $\omega$  est la vitesse de rotation de la roue et nous pouvons lui donner telle valeur qui nous plaira.  $v$  est la vitesse de translation du rideau, qu'il s'agit précisément de mesurer. On sait toutefois que cette vitesse  $v$ , dans les appareils ordinaires, varie entre 0 m. 50 et 1 m. 50.

Nous en déduirons qu'il faut faire varier  $\omega$  entre  $\frac{0,6}{r}$ , pour les petites vitesses, et  $\frac{1,8}{r}$ , pour les grandes vitesses.

Si les affirmations du constructeur nous font soupçonner que nous avons affaire à un obturateur pouvant marcher ou très lentement ou très vite, nous modifierons ces chiffres en conséquence.

Par exemple, si nous nous en tenons au cas d'un obturateur ordinaire, supposons un appareil 9/12, et une mise au point telle que la roue sur le verre dépoli ait un rayon de 0 m. 06. Il y aura lieu de faire varier  $\omega$  entre 10 et 30, et nous en déduirons :

$$2K\pi = 10, K = 1,5; 2K'\pi = 30, K' = 4,5.$$

Ainsi, nous devrons agir sur la pédale de la bicyclette de manière que la roue fasse, dans le premier cas, 15 tours, et dans le second cas, 45 tours en 10 secondes.

Ces chiffres, qui n'ont bien entendu rien d'absolu, pourront être retenus par celui qui se propose de mesurer les vitesses d'un obturateur de plaque qu'il ne connaît pas.

H. WURTZ.

## ESSAI D'ÉTALONNAGE DES ÉCRANS COLORÉS

Par M. F. MONPILLARD

---

L'étalonnage des écrans colorés et la détermination du coefficient de sensibilité chromatique des préparations photographiques, nécessitent l'emploi de lumières colorées de composition spectrale absolument connue et susceptibles de pouvoir être aisément réalisées.

Un pareil résultat ne peut être obtenu qu'en faisant passer un faisceau de lumière blanche au travers d'un milieu coloré ne laissant filtrer qu'un groupe bien déterminé des radiations du spectre.

Pour que ce faisceau coloré soit toujours de composition spectrale identique, deux conditions doivent être réalisées :

1<sup>o</sup> Il faut que la source de lumière blanche soit toujours de même composition spectrale ;

2<sup>o</sup> Que le milieu coloré interposé possède toujours les mêmes propriétés au point de vue de l'action sélective qu'il exercera sur le faisceau de lumière blanche.

C'est pour satisfaire à ces deux conditions que nous avons choisi comme source de lumière l'étalement à acétylène Féry et que nous avons cherché à réaliser nos milieux transparents colorés en faisant usage de solutions à base de sels métalliques contenues dans des cuves en glaces à faces parallèles.

Rappelons que, dans l'étalement Féry, l'image de la flamme est projetée sur la face d'une lentille plan-convexe ; c'est cette image qui, dans cet appareil, joue le rôle de source lumineuse. Si, sur le trajet des rayons lumineux formant cette image, nous plaçons une cuve à faces parallèles contenant un liquide coloré, notre source lumineuse n'émettra plus qu'un groupe de radiations spectrales correspondant à celui que laisse passer ce liquide.

La source de lumière blanche fournie par la combustion d'une flamme d'acétylène purifié et brûlant d'une façon constante dans un bécane dont l'ouverture est bien calibrée, étant toujours comparable à elle-même, comme composition spectrale et comme intensité, la source de lumière colorée résultant de l'interposition de la cuve à liquide sera toujours comparable à elle-même comme composition spectrale et comme intensité ; ce sera donc bien une source de lumière étalon dont nous disposerons pour nos essais.

Les colorations des lumières auxquelles nous devrons avoir recours semblent être indiquées par l'usage même que l'on fait des écrans colorés dans la pratique courante.

Ceux-ci servent : soit en photographie orthochromatique pour l'interprétation en noir des couleurs, soit en photographie trichrome pour réaliser leur sélection.

Dans le premier cas, c'est l'écran jaune qui est généralement utilisé, dans le second, les écrans violet, vert et orangé.

Il semble donc logique, puisque ce sont ces écrans que nous serons amenés le plus souvent à étalonner, de rechercher des sources lumineuses : jaune, violette, verte, orangée.

Pour les deux premières, nous connaissons déjà depuis longtemps des formules de liquides à base de sels métalliques susceptibles, sous une épaisseur de 10 mm., de réaliser les conditions voulues.

C'est ainsi qu'une solution à 5 pour 100 de chromate neutre de potasse dans l'eau distillée, étant complètement transparente pour le vert, le jaune, l'orangé et le rouge et opaque pour le violet et le bleu jusqu'en  $\lambda$  488, semble constituer le liquide susceptible de donner la lumière jaune étalon qui nous servira à étudier nos écrans jaunes (Fig. 4).

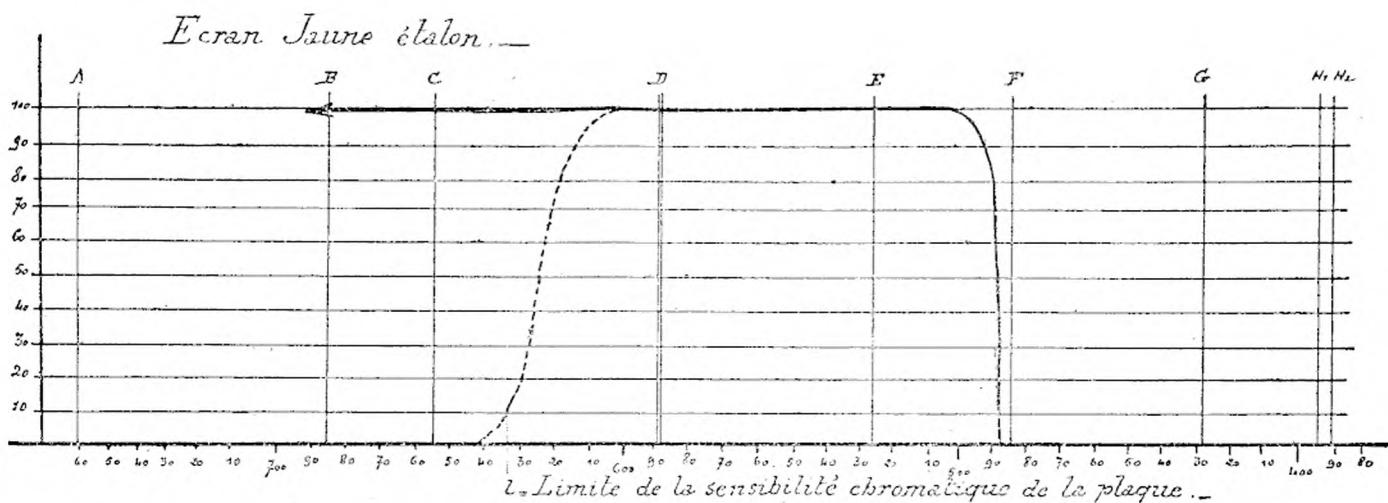


Fig. 4.

La liqueur cupro-ammoniacale constitue un écran violet bleu de préparation facile.

Ammoniaque q. s. pour redissoudre le précipité.

Compléter à 450 cm<sup>3</sup> avec de l'eau distillée.

Sous une épaisseur de 10 mm., ce liquide est transparent pour les portions les plus réfrangibles du spectre jusqu'en  $\lambda$  470 (Fig. 2).

Une lumière bleue plus monochromatique peut être réalisée en faisant filtrer la lumière blanche au travers du liquide suivant dont j'ai déjà donné la formule :

Solution ci-dessus . . . . . 400 cm<sup>3</sup>.  
Esculine . . . . . 0 g. 40

Cette lumière ne comprend du spectre que de  $\lambda$  437 à  $\lambda$  480 (fig. 3).

Nous avons essayé de préparer des liquides à base de sels métalliques susceptibles de constituer l'écran vert et l'écran orangé étalon.

Voici les formules qui nous ont donné les meilleurs résultats :

*Ecran vert.*

Solution à 50 pour 100 de chlorure cuivreux pur crist. dans l'eau distillée . . . . .	30 cm <sup>3</sup> .
Acide chlorhydrique . . . . .	5 gouttes.
Solution à 5 pour 100 de chromate neutre de potasse	4 cm <sup>3</sup> .

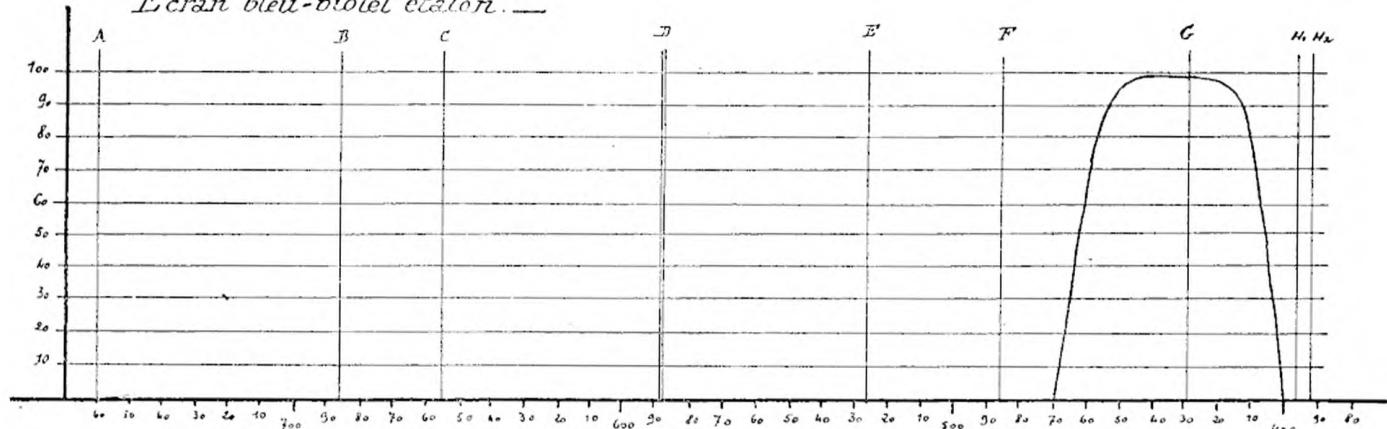
*Ecran bleu-violet échalon . . .*

Fig. 2.

Compléter le volume de 50 cm<sup>3</sup> avec de l'eau distillée.

Sous une épaisseur de 10 mm., ce liquide est transparent de  $\lambda$  485 à  $\lambda$  600, avec un maximum de  $\lambda$  530 à  $\lambda$  570 (fig. 4).

*Ecran rouge orangé.*

Solution à 5 pour 100 de bichromate de potasse.	4 cm <sup>3</sup> .
Solution à 4 pour 100 de permanganate de potasse	1 — 23

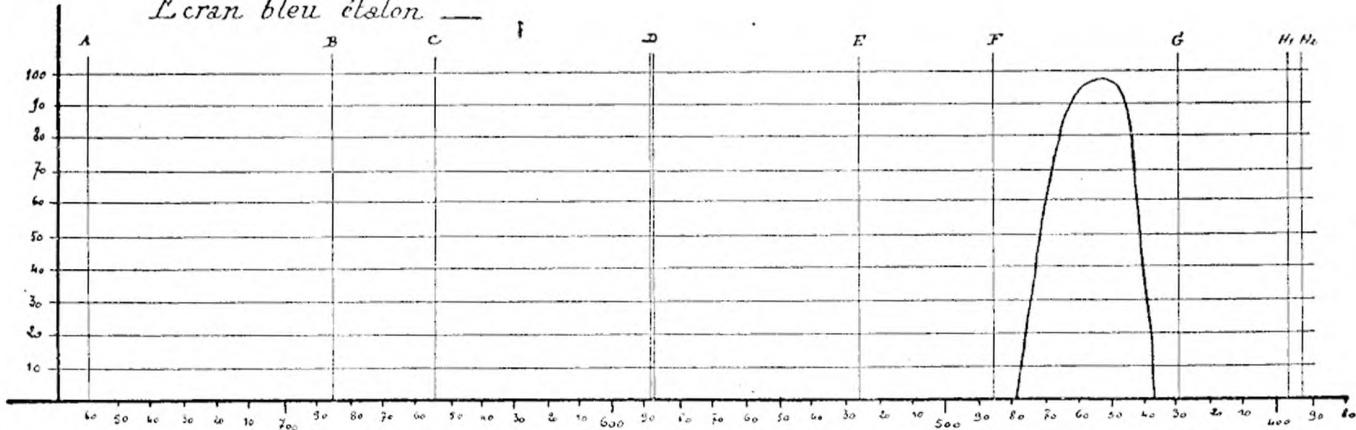
*Ecran bleu échalon . . .*

Fig. 3.

Compléter à 50 cm<sup>3</sup> avec de l'eau distillée.

Sous une épaisseur de 10 mm., ce liquide est transparent pour toutes les couleurs les moins réfrangibles du spectre jusqu'en  $\lambda$  570 (fig. 5).

En possession de ces lumières colorées de composition spectrale bien déterminée et constante, de quelle manière devrons-nous procéder pour effectuer les essais

d'écrans et sous quelle forme devrons-nous traduire les résultats, afin que ceux-ci constituent des indications utilisables pour les praticiens.

Dans nos Mémoires précédents, nous avons insisté sur ce fait que l'augmentation de la durée du temps de pose normal résultant de l'emploi simultané d'un écran et d'une préparation orthochromatique, est le produit de deux facteurs dont

*Ecran vert étalon —*

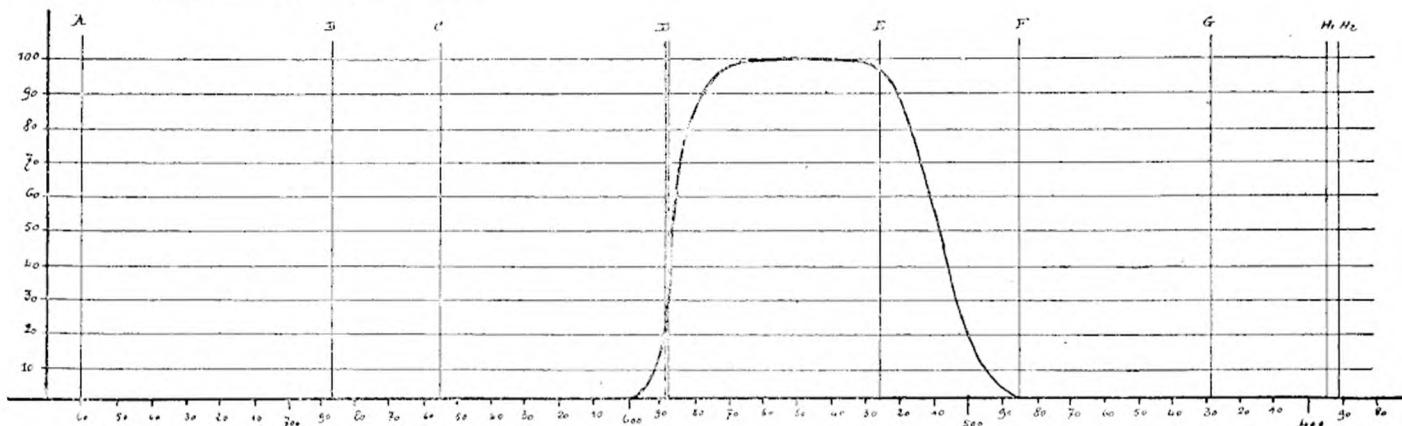


Fig. 4.

l'un est le coefficient de sensibilité chromatique de la préparation, l'autre le coefficient de transparence chromatique de l'écran.

Pour les écrans colorés, il nous a semblé que c'était cette indication qu'il était utile de chercher à obtenir.

C'est dans ce but que nous avons mis en usage la méthode dont voici le principe : Deux moitiés d'une même plaque sont impressionnées pendant une même durée de temps derrière un sensitomètre à disque tournant dont les ouvertures nous

*Ecran Rouge-orange étalon —*

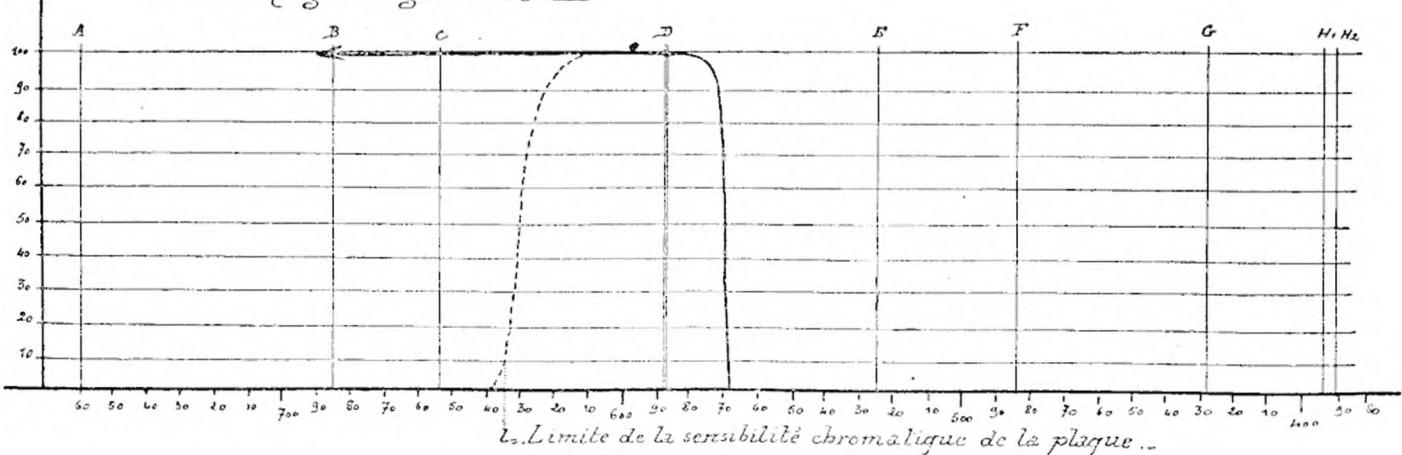


Fig. 5.

donnent une échelle de lumières dont la progression est parfaitement connue ; la première moitié est exposée directement à l'action du faisceau de lumière colorée étalon, la seconde à celle de ce même faisceau, mais après son passage au travers de l'écran soumis à l'essai. Après développement, lavage et fixage, nous obtenons deux échelles de teintes. Parmi celles-ci prenons-en deux de même densité ; pour chaque moitié de la plaque, chacune d'elles résulte d'une illumination de valeur

d'autant plus différente l'une de l'autre que l'écran présente moins de transparence pour la lumière colorée étalon avec laquelle nous avons opéré; les noircissements étant égaux, le rapport de ces lumières exprimera précisément la valeur du

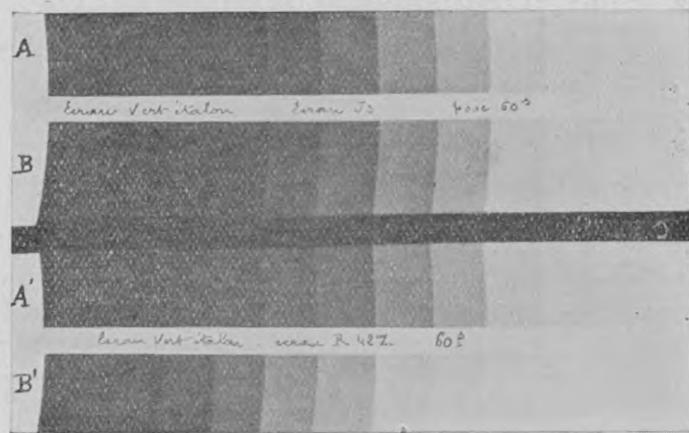


Fig. 6.

coefficient de transparence chromatique de l'écran pour cette lumière colorée, c'est-à-dire l'un des deux facteurs par lequel nous devrons multiplier le temps de pose normal (fig. 6).

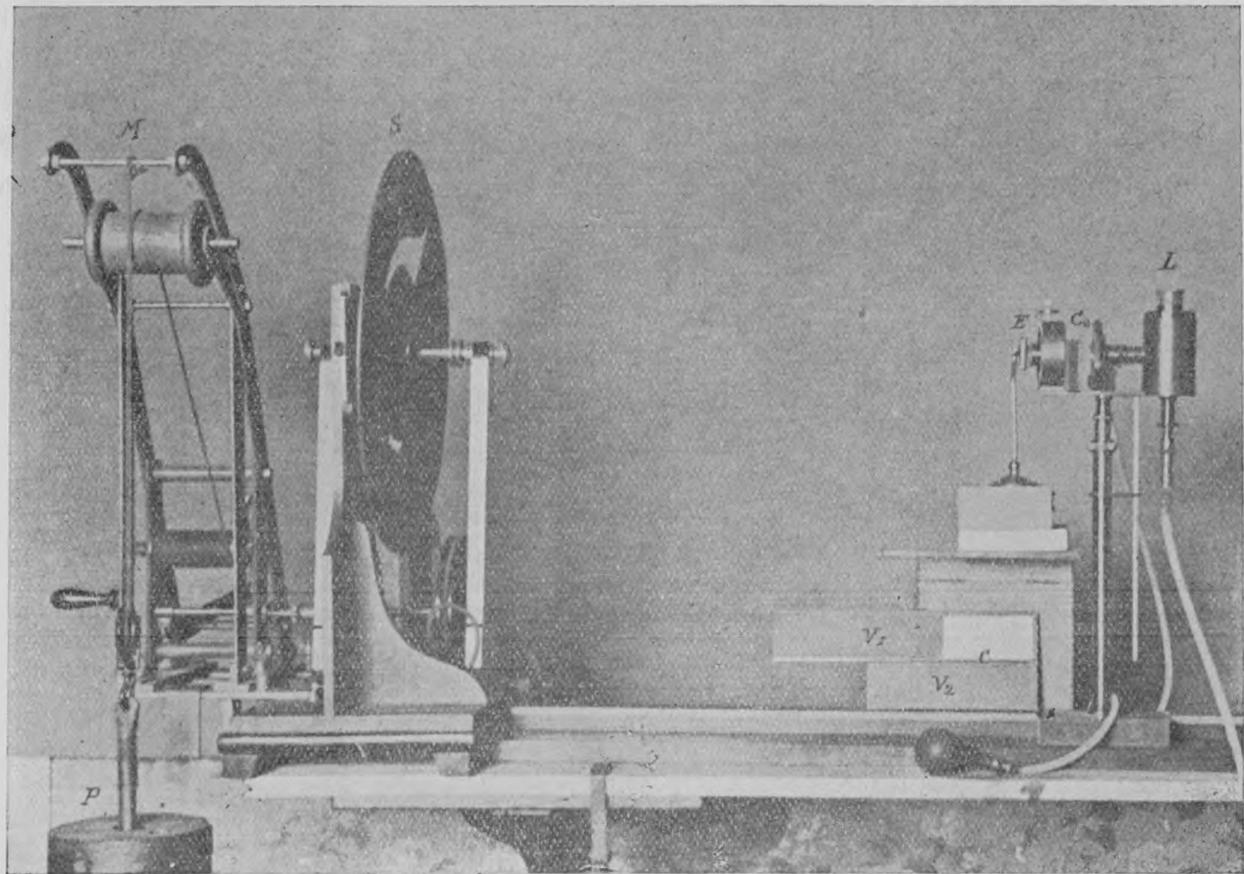


Fig. 7.

Le dispositif (fig. 7) se compose d'un sensitomètre *s* à disque tournant avec le châssis *c* dont le volet, divisé en deux parties *v<sub>1</sub>*, *v<sub>2</sub>* dans le sens de la longueur,

permet d'impressionner successivement chaque moitié d'une même plaque sensible; d'un étalon Fery à acétylène  $\lambda$  et de cuves à faces parallèles  $ce$  de 10 mm. d'ouverture destinées à contenir les liquides colorés dont nous avons donné les formules.

La recherche dans les deux échelles de teintes de deux opacités sensiblement égales est, le plus souvent, insuffisante pour obtenir des indications d'une certaine précision, surtout quand il s'agit d'écrans.

L'expérience nous a démontré qu'il était, dans ce cas, toujours préférable de mesurer le noircissement des différentes régions de chacune de ces deux échelles de teintes et d'en construire les courbes. Sur la portion rectiligne de celle correspondant aux opacités résultant de l'action directe de la lumière colorée étalon, prendre un point et abaisser une perpendiculaire sur la ligne des abscisses exprimant la valeur des lumières; de ce même point, mener une horizontale jusqu'à la rencontre de la portion rectiligne de l'autre courbe correspondant aux opacités

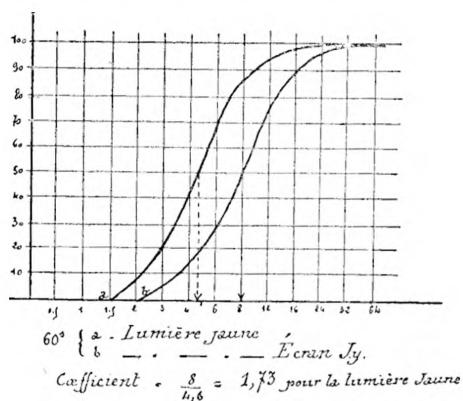


Fig. 8.

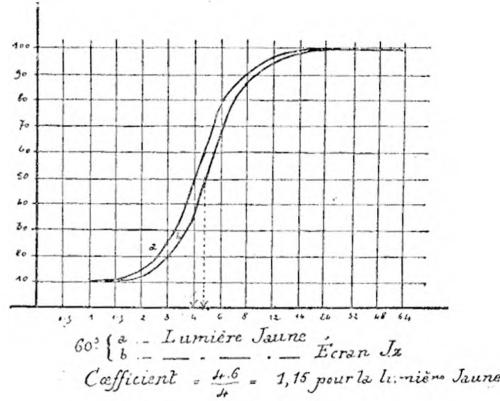


Fig. 9.

résultant de l'action de la lumière colorée étalon ayant filtré au travers de l'écran soumis à l'essai; du point d'intersection ainsi obtenu, abaisser une perpendiculaire sur la ligne des abscisses; les pieds de ces deux verticales nous donnent le rapport des lumières et par conséquent la valeur cherchée du coefficient de transparence chromatique de l'écran (fig. 8 et 9 et fig. 10 à 15).

Quand il s'agit d'écrans bleus ou verts, si nous avons pris soin, dans ce dernier cas, de faire usage d'une préparation de sensibilité chromatique appropriée, le coefficient trouvé sera indiqué pour la région spectrale correspondant à celle émise par notre source de lumière étalon.

S'il s'agit, par exemple, d'un écran vert et si nous avons utilisé la lumière émise par le liquide dont nous avons donné la formule, le coefficient 4 que nous aurons déterminé pour cet écran s'appliquera à la région verte comprise entre  $\lambda 485$  et  $\lambda 600$ .

Mais il n'en sera plus de même pour le jaune et le rouge-orangé et ceci, par suite du peu d'étendue que présentent les préparations actuelles au point de vue de leur sensibilité vers le rouge et l'orangé.

Si nous désirons préciser pour quelle région du spectre la détermination du coefficient de notre écran pour le rouge orangé, par exemple, a été faite, il est

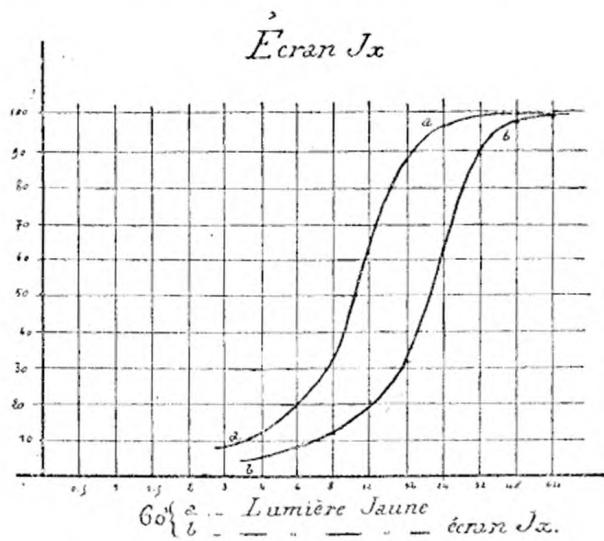


Fig. 40.

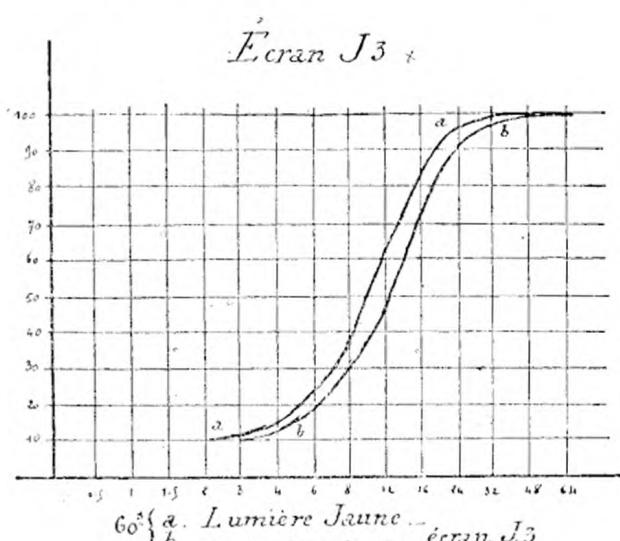


Fig. 41.

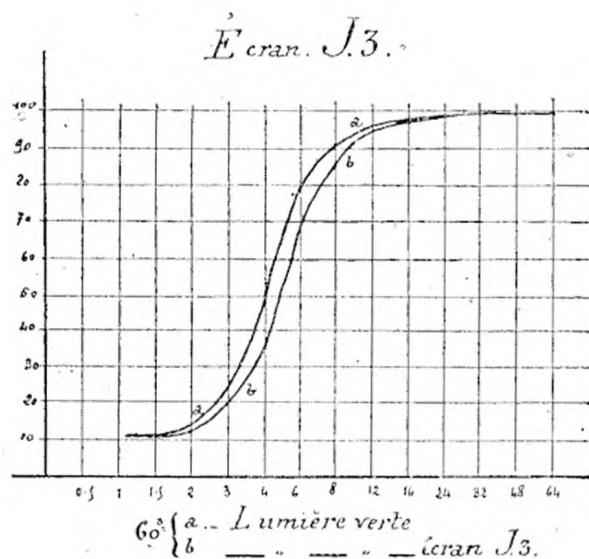


Fig. 42.

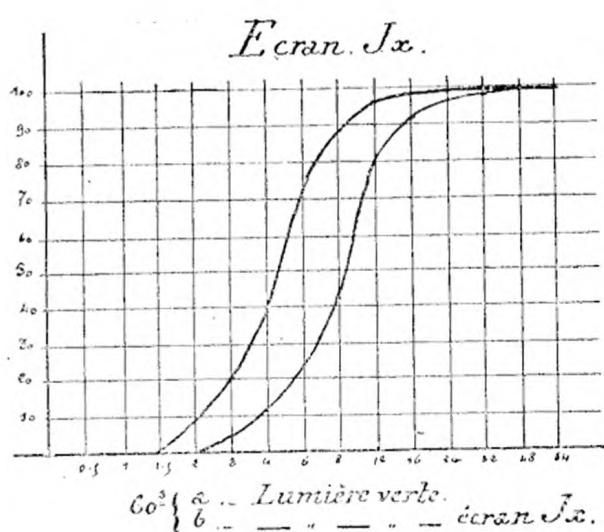


Fig. 43.

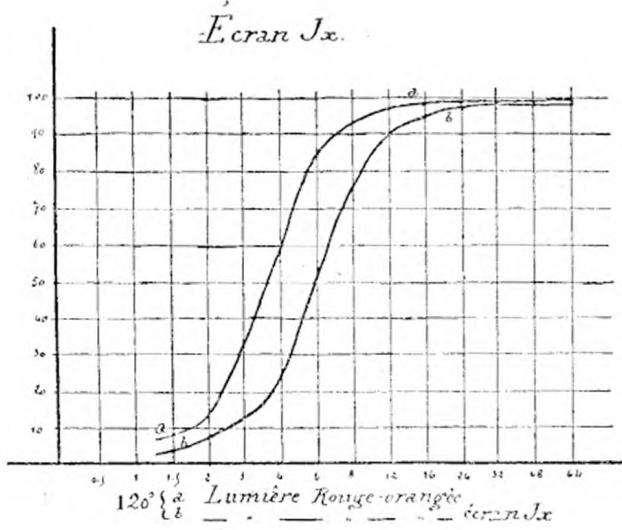


Fig. 44.

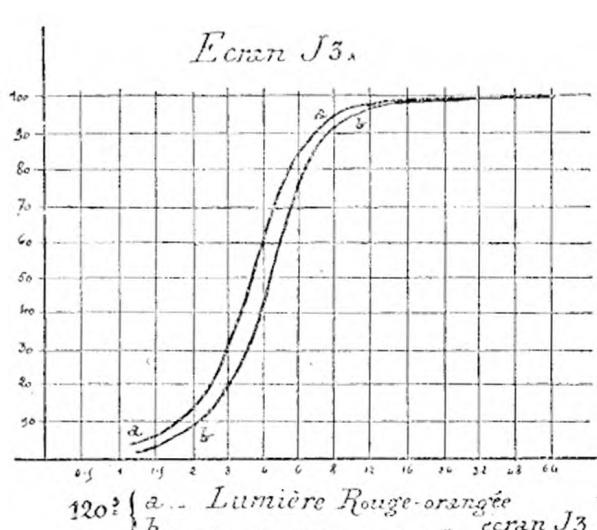


Fig. 45.

alors indispensable de procéder à un essai spectrographique de la préparation dont nous devons faire usage, en vue de déterminer sa limite de sensibilité chromatique.

Avons-nous trouvé, par exemple, que celle-ci correspond à la longueur d'onde  $\lambda$  634, la région spectrale pour laquelle nous aurons déterminé le coefficient de transparence chromatique de notre écran pour le rouge orangé sera, si nous avons fait usage du liquide dont nous avons donné la formule, compris entre  $\lambda$  570 et 634 (fig. 5).



Fig. 16.

Pour les essais d'écrans jaunes, il sera le plus souvent suffisant d'y procéder en faisant usage de plaques du type ortho A Lumière ; dans ce cas, le coefficient de ces écrans sera déterminé pour une région spectrale comprenant de  $\lambda$  600 à  $\lambda$  488, c'est-à-dire pour le jaune et le vert (fig. 4).

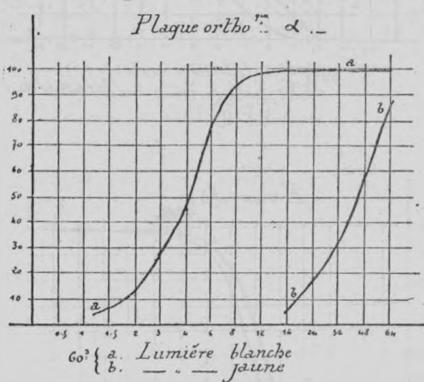


Fig. 17.



Fig. 18.

Cette méthode ayant pour base l'emploi combiné de lumières colorées étalon et d'un sensitomètre à disque rotatif nous a semblé également apte à nous permettre de déterminer ce second facteur de l'augmentation de la durée du temps de pose normal, celui qui joue le principal rôle : le coefficient de sensibilité chromatique de la préparation, c'est-à-dire le rapport existant entre sa sensibilité pour la lumière blanche et celle pour tel ou tel groupe de radiations colorées du spectre.

L'expérience est alors effectuée comme suit : la plaque à essayer est insolée derrière le plateau tournant du sensitomètre pendant 60 secondes, l'étalon émettant un faisceau de lumière blanche. La cuve à liquide jaune est ensuite interposée, puis la seconde moitié de la plaque est exposée également 60 secondes (Fig. 16).

Etablissant ensuite les courbes de noircissement sur le cliché obtenu et pour chaque échelle de teintes, de même que pour les écrans nous terminons, par le rapport de deux lumières ayant donné un même noircissement, le coefficient de sensibilité chromatique de notre plaque pour la lumière jaune (Fig. 17 et 18).

Des essais exécutés dans ces conditions nous ont donné déjà des résultats fort encourageants, mais, appliquée spécialement à la détermination du coefficient de sensibilité chromatique des préparations photographiques, cette méthode nécessite encore certaines études auxquelles nous nous livrons en ce moment.

---

## ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LES COUCHES SENSIBLES

### SENSITOMÉTRIE

La formule approximative donnée dans notre précédent article (1) est très suffisamment correcte pour toutes valeurs de la lamination comprises dans l'intervalle de représentation correcte et présente en ce cas l'avantage de la plus grande simplicité; voyons comment on peut l'utiliser à la détermination d'une caractéristique de la sensibilité.

La formule complète, dont la complication s'oppose à l'emploi pratique, nous permet du moins de calculer entre quelles limites peut s'appliquer, sans erreur manifeste, la formule approchée.

On peut évidemment dans la formule :

$$D = \gamma \log_e \left\{ O - (O - 1) \beta \frac{It}{i} \right\}$$

remplacer l'expression  $O - 1$  par  $O$  quand la valeur de ce nombre est grande, c'est-à-dire quand la plaque porte une abondante quantité de bromure d'argent.

Si, d'autre part, nous tenons compte de ce que

$$\log_e \beta = - \frac{I}{O}$$

On voit que l'équation ci-dessus pourrait se ramener à

$$D = \gamma \log_e \frac{It}{i}$$

et, sous cette forme, la relation s'applique à toutes les valeurs de  $\frac{It}{i}$  comprises entre les valeurs 1 et  $O$ ; la comparaison de cette forme avec l'expression donnée de la formule approximative

$$D = \gamma (\log It - C)$$

montre que la constante  $C$  de cette formule n'est autre que le logarithme de l'expression  $i$  appelée par nous « inertie » de la préparation sensible.

Considérons deux plaques à couches épaisses dont les inerties aient des valeurs différentes soit  $i_0$  et  $i_1$  et proposons-nous en soumettant pendant des temps respectivement égaux à  $t_0$  et  $t_1$  ces deux plaques à un même éclairement  $I$  d'obtenir sur

(1) *Revue des sciences photographiques*, août 1906, p. 450.

les deux plaques des impressions de même densité; les temps  $t_0$  et  $t_1$  devront en ce cas satisfaire à la relation

$$\frac{It_0}{i_0} = \frac{It_1}{i_1} \quad \text{ou} \quad \frac{t_1}{i_1} = \frac{t_0}{i_0}$$

Si donc on connaît les valeurs de l'inertie  $i$  pour différentes plaques on pourra calculer *a priori*, avec une très grande approximation, les luminations qui, sur chacune d'elles, donneront des résultats équivalents dès l'instant que la lamination sera connue pour l'une d'elles; ceci montre toute l'importance pratique qui s'attache à la détermination du symbole  $i$ .

La densité de l'image étant un nombre abstrait, le rapport  $\frac{It}{i}$  doit en être un aussi et par suite ses deux termes doivent mesurer des grandeurs de même nature; l'inertie  $i$  est donc une lamination; c'est pratiquement la plus petite des lumières comprises dans l'intervalle de représentation correcte; or, plus est grande la quantité de lumière nécessaire pour amener une plaque au commencement de cet intervalle, plus nous devons considérer cette plaque comme lente; nous pourrons donc mesurer la sensibilité de la plaque par l'inverse de son inertie

$$S = \frac{1}{i}$$

Indiquons brièvement comment on peut, soit par le calcul, soit plus simplement par une méthode graphique, arriver à la mesure de  $i$ .

La plaque ayant reçu au moins deux lumières comprises dans l'intervalle de représentation correcte on développe jusqu'à l'apparition des diverses teintes dont, après achèvement, on mesure les densités déduction faite du voile de fond, on possède alors des éléments nécessaires pour poser les deux équations

$$D_1 = \gamma \log_e \frac{It_1}{i} \qquad D_2 = \gamma \log_e \frac{It_2}{i}$$

entre lesquelles on peut éliminer soit  $\gamma$

$$\log i = \frac{D_2 \log_e It_1 - D_1 \log_e It_2}{D_2 - D_1}$$

soit  $i$

$$\gamma = \frac{\log_e It_2 - \log_e It_1}{D_2 - D_1}$$

La valeur de  $i$  est exprimée en bougies-mètre seconde; l'expression qui fournit  $\log i$  étant indépendante du système de logarithme choisi, on trouvera la valeur de  $i$  dans la table de logarithmes.

Pratiquement on utilise seulement la portion centrale de la plaque, car il y a

toujours sur les marges des inégalités d'épaisseur qui troubleraient considérablement les mesures. Afin d'être assurés de donner à la plaque deux lumières satisfaisant à la condition indiquée on peut lui donner huit lumières en progression géométrique soit par exemple en bougies-mètre seconde :

$$\text{BMS} = 2,5 \quad 5 \quad 10 \quad 20 \quad 30 \quad 40 \quad 80 \quad 160 \quad 320$$

laissant une portion de la plaque à l'abri de la lumière pour y effectuer la mesure du voile. On développe à l'oxalate ferreux et pour éviter de trop grandes opacités on s'arrête lorsque l'on a obtenu un dépôt d'argent nettement indiqué même pour les plus faibles lumières, puis on fixe, lave et séche. Après mesure de toutes les densités, on déduit de chacune d'elles la densité mesurée sur la bande non exposée à la lumière et, prenant les différences entre les densités consécutives, on admet que les densités donnant des différences très voisines correspondent à des lumières comprises dans l'intervalle de représentation correcte.

Prenons comme exemple les résultats déjà donnés (p. 188) de l'expérience n° 21, portant sur une plaque lente de la marque « Manchester ».

BMS	2,5	5	10	20	40	80	160	320
Densités	0,083	0,173	0,250	0,460	0,735	1,010	1,270	1,555
Différences	0,090	0,073	0,210	0,295	0,255	0,260	0,285	

Nous voyons que les lumières de 20 et de 160 BMS peuvent être considérées comme comprises dans l'intervalle de représentation correcte ; la formule ci-dessus donne

$$\log i = \frac{1,270 \log 20 - 0,460 \log 160}{1,270 - 0,460}$$

$$\log i = 0,787 \quad \text{d'où} \quad i = 6 \text{ BMS } 12$$

Deux déterminations successives effectuées par cette méthode fournissent des résultats qui diffèrent toujours de moins de 10 % si l'on apporte aux mesures le soin nécessaire. Or une erreur de 10 % dans la détermination de l'inertie n'est pas d'une très grande importance pratique, car si même le temps de pose varie par exemple de 4 à 5 secondes dans un cas déterminé, les négatifs obtenus avec ces deux temps de pose sont pratiquement équivalents. Nos déterminations de l'inertie sont donc toujours suffisamment précises pour l'utilisation.

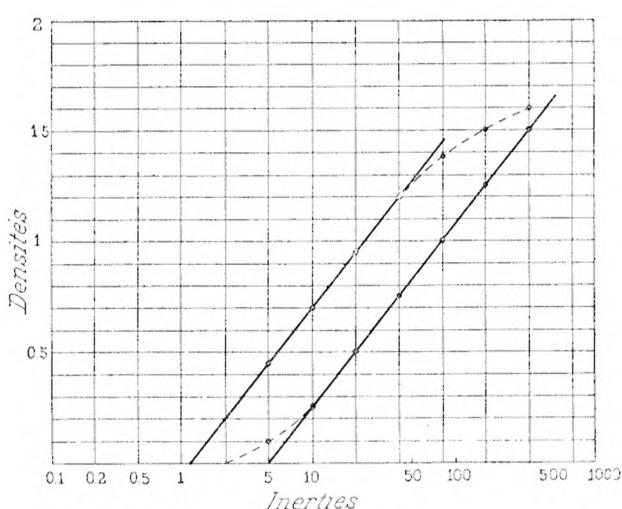
Nous préférons d'ailleurs obtenir par une méthode graphique la valeur de l'inertie, ce qui dispense de tous calculs et évite tous recours à la table de logarithmes.

Sur une ardoise, nous gravons une fois pour toutes la linéature du graphique n° 11 ci-après. L'échelle horizontale des inerties s'obtient en reportant sur l'ardoise

la division logarithmique d'une règle à calculs ; par les points, 2, 5, 5, 10, 20, 40, 80, 160 et 320 de cette division, nous traçons des verticales sur lesquelles nous portons une même longueur arbitraire, divisée en 20 parties égales marquées de 0 à 2 par dixièmes, qui sert d'échelle des densités.

Après mesure des densités sur la plaque en expérience, chaque mesure est, après corrections d'usage, reportée sur l'ordonnée correspondant à sa lamination : on mène alors une ligne droite par tous ceux de ces points qui se prêtent à un tel tracé ; on reconnaît aisément ces points en tendant entre les doigts un fil blanc et le présentant sur le graphique. Lorsque la droite est menée, cette droite, figurant les densités en fonction des luminations pour l'intervalle de représentation correcte, coupe l'axe d'abscisses en un point qui, sur la division logarithmique de cet axe, porte précisément le nombre représentant l'inertie de la plaque en essais.

Le graphique ci-contre (n° 11) montre l'application de ces règles à deux plaques



Wratten, l'une extra-rapide, l'autre lente. Dans la portion étudiée de leur courbe caractéristique, l'une de ces plaques montre une portion de l'intervalle de surexposition, l'autre une portion de l'intervalle de sous-exposition. On voit que l'inertie de l'une est 1,4, celle de l'autre étant 5,5, ; la première plaque est donc environ quatre fois plus rapide que la seconde.

Ces résultats sont indépendants de la durée du développement dans un révélateur donné. Pour un développement écourté ou prolongé, la droite représentative s'abaisserait ou se relèverait en tournant autour du point de l'axe horizontal qui fixe précisément la valeur de l'inertie.

Il est évidemment possible que la sensibilité d'une plaque, mesurée avec un révélateur donné, soit plus grande que si la sensibilité est mesurée avec un autre révélateur : quelques expériences nous ont même donné des résultats variant de plus du simple au double pour des mesures effectuées avec divers révélateurs, mais pour un révélateur déterminé, le nombre représentant l'inertie est indépendant des conditions du développement. On pourrait même, dans une certaine

mesure, procéder à la détermination de l'inertie après renforcement de la plaque, du moins après renforcement suivant un mode opératoire qui n'altère pas la gradation des densités.

Quand l'inertie de la plaque est connue et que, de plus, on a déterminé par un actinomètre la valeur de la lumière qui frappe le modèle à reproduire, on peut calculer le temps de pose à la chambre noire pour obtenir, sur la plaque développée, des densités qui soient presque exactement proportionnelles aux logarithmes des illuminations qui les ont produites et produire, par conséquent, des négatifs se rapprochant beaucoup de la définition que nous avons donnée du négatif parfait.

Il est bon cependant de ne pas perdre de vue qu'un tel négatif n'est pas nécessairement parfait pour l'impression sur un papier sensible déterminé. Si l'on veut produire un négatif conforme à la nature, on doit utiliser une plaque couverte d'une émulsion riche en sel d'argent, et le développement doit être poussé de telle sorte que la valeur du coefficient  $\gamma$ , caractéristique du plus ou moins de durée du développement, prenne une valeur numérique très voisine de 1 ou, qu'au cas contraire, on l'amène à cette valeur par renforcements ou affaiblissements appropriés. Certains papiers sensibles, pour la production d'effets artistiques, demandent même une image plus vigoureuse encore, correspondant à des valeurs de  $\gamma$  supérieures à 1 et atteignant presque 2.

La plupart des méthodes sensitométriques, antérieurement proposées, reposent sur la mesure de la lumination nécessaire pour produire sur la plaque en essais, après développement pendant un temps déterminé dans un révélateur de composition déterminée, soit la plus faible trace visible d'impression, soit une teinte d'opacité identique à celle d'un teinte arbitraire fixée une fois pour toutes.

Or de ce que ces deux plaques, exposées en même temps à une même lumière, fournissent par développements identiques des opacités égales, on ne peut nullement conclure que ces plaques aient même sensibilité ; à plus forte raison, ne peut-on considérer les sensibilités comme inversement proportionnelles aux illuminations nécessaires pour produire, dans des conditions identiques, une opacité déterminée.

Pour mettre ce fait en évidence, nous donnons ci-dessous les résultats des mesures de densités effectuées sur deux plaques différentes, désignées seulement par les lettres de référence A et B après illuminations identiques. On voit que pour une lumination de 2 BMS 5 les densités sont les mêmes, mais que les écarts vont en s'accentuant de part et d'autre.

BMS. . . .	0.625	1.25	2.5	5	10	20	40	80
Plaque A . .	0.130	0.330	0.600	0.940	1.190	1.395	1.520	1.605
Plaque B . .	0.080	0.285	0.600	0.945	1.220	1.465	1.620	1.750

Effectivement si l'on détermine respectivement les inerties de ces deux plaques soit par la construction graphique, soit par la formule donnée ci-dessous, on trouve

$$i_A = 9.06 \quad i_B = 8.34$$

On voit ainsi que la comparaison d'une série d'opacités peut seule fournir un renseignement sur la sensibilité et que l'on peut alors trouver des nombres caractéristiques qui soient, dans une très large mesure, indépendants du révélateur et surtout du mode et de la durée du développement.

D'ailleurs le coefficient  $\gamma$ , relatif au développement, varie dans de telles proportions, d'une plaque à l'autre, lorsque les opérations sont conduites dans des conditions d'intensité les plus parfaites que l'on puisse réaliser, ou même pour les deux moitiés d'une plaque lorsque l'on fait varier, même de quantités très minimales, la dilution, la température ou la durée d'immersion que toute méthode sensitométrique, fondée sur un développement de durée invariable, se trouve viciée dès sa base.

F. HÜRTER et V.-C. DRIEFFIELD

*The Tournal of the Society of Chemical Industry*, 31 mai 1890, p. 455 et suivantes  
Traduction L.-P. C.

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

### *Etude photométrique des images formées par les systèmes optiques.*

Il peut être de quelque intérêt de montrer que, pour tous les types usuels de systèmes optiques, simples ou complexes, les conclusions ordinaires relatives à la clarté et à l'éclairement découlent immédiatement des deux propriétés fondamentales relatives à l'éclat intrinsèque et à l'éclairement d'une image, propriétés mises en lumière par KIRCHHOFF et par CORNU.

Grâce à cette remarque, l'étude photométrique des images est susceptible de former un ensemble simple et ordonné ; les méthodes et considérations variées auxquelles on a recours trop souvent dans un exposé morcelé deviennent superflues et doivent faire place à un mode d'exposition unique.

La notion fondamentale est naturellement celle de flux lumineux ; et il suffit d'exprimer que, dans son passage à travers un système optique quelconque, le flux se conserve, abstraction faite des pertes par transmission. Le coefficient de transmission  $k$  peut d'ailleurs être déterminé par des méthodes variées (CORNU, WOLF, BLONDEL) ; il est le plus souvent voisin de 0,9 pour les lentilles simples ou accolées, et par suite voisin de  $(0,9)^2$ , c'est-à-dire de 0,8 pour les systèmes doubles (oculaires composés, objectifs photographiques) (1).

I. *Eclat intrinsèque de l'image.* — AB est un objet lumineux, ou une portion d'ob-

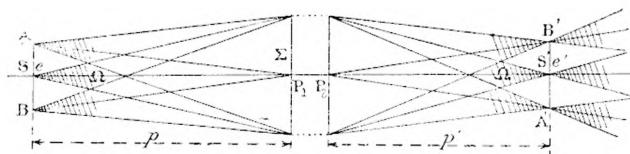


FIG. 1.

jet telle que cette source lumineuse étendue puisse être considérée comme uniforme.  $\Omega$  et  $\Omega'$  sont les angles solides communs à tous les points de l'objet ou de l'image ;  $\Sigma$  est la surface *apparente* du système optique. L'image A'B' est indifféremment réelle ou virtuelle.

L'égalité du flux envoyé par la source sur le système optique et du flux reçu par l'image donne  $\Phi = I\Omega = I'\Omega'$ . Mais  $I = eS$ ,  $I' = e'S'$  ; puis  $\Omega = \frac{\Sigma}{p^2}$ ,  $\Omega' = \frac{\Sigma}{p'^2}$  ; et, en supposant les mêmes milieux extrêmes,  $\frac{S'}{S} = \frac{p'^2}{p^2}$ . D'où résulte l'égalité entre l'éclat intrinsèque de l'image et celui de l'objet :

$$(1) \quad e' = e.$$

(1) Nous nous conformerons aux définitions et notations de M. BLONDEL, sanctionnées par le Congrès de Genève (*J. de Phys.*, 3<sup>e</sup> série, t. VI, p. 193 ; 1897).

Dans le cas d'un second milieu d'indice  $n$  par rapport au premier, on aurait

$$(1 \ bis) \quad e' = n^2 e \quad (1).$$

II. *ECLAIREMENT DE L'IMAGE.* — Pardéfinition, l'éclairement de l'image est  $E = \frac{\Phi}{S'}$ .

Mais, d'après ce qui précède,  $\Phi = \frac{e S' \Sigma}{p'^2}$ ; d'où la relation connue :

$$(2) \quad E = \frac{e \Sigma}{p'^2}.$$

Elle exprime la propriété des feuilles dont M. Cornu a fait ressortir l'intérêt (2) en l'appliquant dans son dispositif de l'œil-de-chat.

Dans un second milieu d'indice  $n$ , l'éclairement de l'image serait

$$(2 \ bis) \quad E = \frac{n^2 e \Sigma}{p^2}.$$

Etant donnée la relation (1) ou (1 bis), on peut se rendre compte immédiatement que, dans le cas de systèmes optiques complexes donnant lieu à la formation d'images successives, la formule (2) ou (2 bis) peut s'appliquer à l'une quelconque des images.  $\Sigma$  représente la section des faisceaux qui traversent l'élément optique correspondant.

III. *NOTION DE SOURCE SECONDAIRE DE LUMIÈRE.* — La relation (2), par son rapprochement avec la loi d'éclairement d'une source en fonction de la distance,  $E = \frac{I}{l^2}$  a permis à M. Cornu de conclure que tout système optique se comporte comme une source secondaire de lumière définie par

$$(3) \quad I = e \Sigma,$$

c'est-à-dire ayant même éclat intrinsèque que la source lumineuse.

L'intensité lumineuse du faisceau émergeant dépend donc, non pas de l'étendue ou de l'intensité de la source, mais uniquement de son éclat intrinsèque. La seule étendue qui importe est celle du système optique; c'est un résultat d'importance capitale dans le cas des projecteurs et des panneaux lenticulaires de phares (3).

De plus, à égalité de surface  $\Sigma$ , rien n'empêche de prendre un système optique inégalement étendu de part et d'autre de l'axe. Cette disposition dissymétrique, appliquée aux phares, a permis d'obtenir des feux à éclats groupés.

(1) Ce théorème général a été démontré par Kirchhoff pour toute espèce de radiations [*Emission und Absorption von Licht und Wärme (Monatsber. der Berliner Akad.*; 1859].

(2) CORNU, *Annales de l'Observatoire*, t. XIII; — et *J. de Phys.*, t. X, p. 489; 1884.

(3) Il importe de remarquer que la relation (3) ne se trouve démontrée que par la considération des images. D'ailleurs, pour toute autre position de l'écran, l'éclairement n'est plus aussi uniforme. D'autre part, dans le cas d'ouvertures aussi considérables que celles des miroirs de projecteurs et des panneaux lenticulaires, la relation (3), alors trop peu exacte, doit être remplacée par  $I = \int e' d\Sigma$ , et c'est expérimentalement (BLONDEL et REY, *C. R.*, t. CXXVI, p. 404) qu'on détermine la série des éclats apparents  $e'$  suivant les zones successives. M. Blondel (*Théorie des projecteurs électriques*, Lefebvre-Ducrocq, Lille; ou Lahure, Paris) a d'ailleurs développé un mode d'exposition très général, mais nécessairement plus laborieux, qui se trouve valable pour toute distance, et tient compte, pour chaque zone, des valeurs particulières des coefficients de divergence et du coefficient de transmission.

*IV. Cas des images rétinienennes.* — *Clarté des instruments oculaires.* L'élément qui fait juger plus ou moins lumineux un objet vu à l'œil nu, ou dans une lunette ou un microscope, est le flux reçu par unité de surface de la rétine ; autrement dit, c'est l'éclairement de l'image rétinienne. Cette image étant formée par le système optique de l'œil, son éclairement est donné par (2 bis).  $\Sigma$  représente alors l'ouverture de la pupille,  $n$  l'indice de l'humeur vitrée, et  $p'$  la distance du second point principal à la rétine.

Mais on peut remarquer que, dans tout instrument, l'œil, normal au myope, met au point sans avoir aucune tendance à accommoder (1). Par suite,  $p'$  demeure constant, de sorte que  $\frac{n^2}{p'^2}$  est une constante  $K$  de l'œil, et l'éclairement de l'image rétinienne peut s'exprimer par la *loi simple*

(4)

$$E = K e \Sigma.$$

La clarté d'un instrument étant le rapport  $\frac{E'}{E}$  des éclairements des images rétinienennes correspondant à la vision au travers de l'instrument et à l'œil nu, on a :

$$\text{clarté} = \frac{e' \Sigma'}{e \Sigma}.$$

En faisant abstraction des pertes par transmission, la clarté s'exprime par le simple rapport  $\frac{\Sigma'}{\Sigma}$ . La section  $\Sigma'$  du faisceau fourni à l'œil par l'instrument ne peut qu'être inférieure, ou au plus égale à l'étendue  $\Sigma$  de la pupille, suivant que le cercle oculaire est inférieur, égal ou supérieur à la pupille.

De là dérivent immédiatement toutes les conclusions connues relatives au microscope et aux lunettes de jour ou de nuit.

La clarté pratique diffère uniquement en ce que, en réalité,  $e' = (0,9)^n e$ ,  $n$  étant le nombre des lentilles séparées qui constituent l'instrument. Donc

(5)

$$\text{clarté réelle} = (0,9)^n \frac{\Sigma'}{\Sigma} \quad (2).$$

En ce qui concerne le cas des objets sans diamètre apparent sensible, il suffit de rappeler que l'accroissement de clarté résulte immédiatement du fait que, à la sortie de l'instrument, le même flux lumineux se trouve condensé dans un faisceau de section  $G^2$  fois moindre, de sorte que, à section égale, le faisceau fourni par l'instrument apporte un flux  $G^2$  fois plus intense que le faisceau relatif à l'œil nu.

(1) Pour les distances supérieures à 50 mètres, ou même 25 mètres, un œil normal n'a plus à accommoder (SISSENGH, *Rev. gén. des Sciences*, p. 218 ; 28 février 1903).

(2) La clarté semble parfois, la nuit, devenir supérieure à l'unité. Herschell et Holden (*J. de Phys.*, 2<sup>e</sup> série, t. I, p. 153 ; 1882) rapportent deux observations de ce genre. La nuit, dans une lunette ou un télescope, l'heure était parfaitement visible au cadran d'un clocher, alors qu'à l'œil nu il était impossible de distinguer le clocher lui-même. Le même phénomène peut s'observer, la nuit, avec toute jumelle galiléique. N'est-ce pas simplement dû à ce que, la nuit, la monture même de l'oculaire forme un écran opaque suffisant pour que la pupille, alors si facilement extensible, se dilate encore plus que dans l'observation à l'œil nu ?

V. Cas des images réelles (images projetées ou photographiques). — Le cas de l'œil-de-chat de Cornu est exactement celui de toute lentille ou de toute combinaison diaphragmée, qui produit une image sur un écran ou sur une surface sensible.

L'élément essentiel est encore l'éclairement de l'image.

En photographie, c'est uniquement de l'éclairement  $E$  que dépend le temps de pose  $T$ , car l'impression photographique exige par unité de surface une quantité de lumière déterminée  $Q = ET$ , qu'on considère comme constante, du moins dans les conditions ordinaires.

La formule d'éclairement (2) résout complètement le problème (1). Toutefois on trouve commode de la mettre sous une forme capable de faire apparaître plus explicitement les échelles de temps de pose.

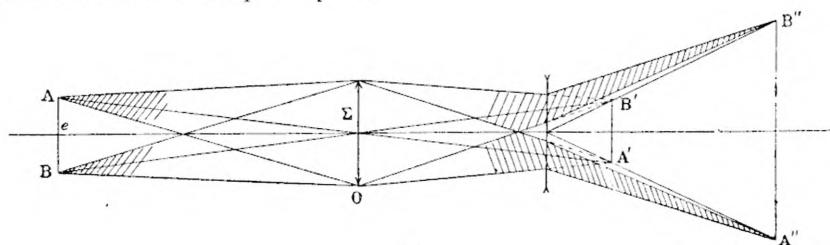


FIG. 2.

Pour l'établissement de ces échelles, on est convenu officiellement de faire abstraction des pertes de lumière et de se borner au cas des objets éloignés. Par suite,  $p'$  devient la distance focale  $\varphi$  de l'objectif photographique. D'autre part, si  $d$  est le diamètre d'ouverture utile (2) correspondant à un diaphragme donné, on a  $\Sigma = \frac{\pi d^2}{4}$ , d'où :

$$E = e \frac{\pi}{4} \left( \frac{d}{\varphi} \right)^2.$$

Cette formule démontre que l'éclairement dépend, non pas de la distance focale absolue d'un objectif, mais seulement du rapport  $\frac{d}{\varphi} = \frac{1}{n}$  (objectif diaphragmé au  $n^e$ ). D'où

$$(6) \quad E = e \frac{\pi}{4} \frac{1}{n^2}.$$

Par exemple, la série des temps de pose va constamment en doublant (série normale), si la progression géométrique des valeurs de  $n$  admet pour raison  $\sqrt[2]{2}$ .

Il est facile de montrer que les combinaisons formant *téléobjectifs* peuvent être étudiées sans plus de difficulté.

Tout d'abord, les télescope-objectifs usuels ayant simplement pour but de substituer à l'image ordinaire  $AB'$  fournie par l'objectif  $O$  une image  $A''B''$  agrandie par la lentille

(1) Elle convient également au cas des images produites par un simple trou (MOESSARD, *l'Optique photographique*, p. 44).

(2) WALLON, *Choix et Usage des objectifs photographiques*, p. 99; — *l'Objectif photographique*, p. 85.

divergente, le même flux se trouve réparti sur une image agrandie linéairement  $\gamma$  fois, et par suite devient  $\gamma^2$  fois plus faible par unité de surface :

$$E_{A'B'} = e \frac{\pi}{4} \left( \frac{d}{\varphi} \right)^2 \quad \text{ou} \quad E_{A''B''} = e \frac{\pi}{4} \frac{1}{\gamma^2 n^2}. \quad (7)$$

Le temps de pose est  $\gamma^2$  fois plus long qu'avec l'objectif d'avant seul.

Un autre type de télescope, dont nous signalons d'autre part l'intérêt particulier consiste à placer en avant d'un objectif photographique O une lunette d'un type quelconque.

L'objectif photographique, de distance focale  $\varphi$ , donne, de l'image A'B' considérée comme objet, et ayant, aux pertes près, même éclat intrinsèque  $e$  que l'objet AB, une image  $a_1 b_1$ , dont l'éclairement est, d'après (2),

$$E_{a_1 b_1} = \frac{e \Sigma}{\varphi^2}.$$

$\Sigma$  est l'étendue des faisceaux qui tombent sur l'objectif photographique O. Or, pour toute lunette réglée préalablement par une vue normale, l'image A'B' est assez lointaine pour que les faisceaux qui traversent le cercle oculaire  $dd'$  (réel ou virtuel), de diamètre  $\delta$ , soient très sensiblement cylindriques, par suite

$$\Sigma = \frac{\pi \delta^2}{4},$$

$$\text{et} \quad E_{a_1 b_1} = e \frac{\pi}{4} \left( \frac{\delta}{\varphi} \right)^2. \quad (8)$$

L'intérêt de cette expression ressortira plus loin.

Pour ce type de télescope, c'est non par rapport à l'image A'B' formée par l'objectif de la lunette qu'il y a intérêt d'évaluer l'agrandissement  $\gamma$ , mais bien par rapport à l'image ab que donne l'objectif photographique seul.

Lorsqu'on l'envisage ainsi, l'agrandissement n'est autre que le grossissement G de la lunette, comme on s'en rendra compte d'autre part (1).

(E. HAUDIÉ, Société française de Physique).

### *Sur un nouveau dispositif de spectrohéliographe.*

Les spectrohéliographes actuellement employés ont comme défaut général d'enregistrer, sur les photographies obtenues, toutes les vibrations produites par les diverses pièces roulantes ou frottantes qui entrent dans leur construction. Cet inconvénient est dû au principe même de l'appareil, principe qui est d'obtenir une image solaire par l'intégration d'une ligne.

Aussi, pour obtenir les meilleurs résultats possibles, est-on obligé de construire ces instruments avec un soin particulier, ce qui les rend à la fois très coûteux et d'un maniement difficile.

Dans le dispositif que nous avons l'honneur de proposer, nous pensons avoir réduit au minimum possible les roulements et frottements et, par conséquent, donné un moyen de diminuer dans de fortes proportions les inconvénients signalés.

Un spectrographe à deux fentes, quelconque, est rendu mobile autour d'un axe horizontal perpendiculaire au plan déterminé par les axes optiques de ce spectrographe. Ce dispositif est réalisé par l'emploi d'un axe tournant entre deux pointes.

Le mouvement est produit par une pompe de Brashear, placée verticalement. Elle est reliée au spectrographe par une tige dont les extrémités sont en forme de pointes et prennent appui dans deux trous coniques percés, l'un sur le spectrohéliographe, dans le prolongement de l'axe optique du collimateur, l'autre sur l'extrémité de la tige de la pompe.

L'axe de rotation du spectrohéliographe doit passer par le point de rencontre de l'axe optique du collimateur et de celui de la lunette du spectrographe. La distance entre cet axe et les deux fentes doit être dans le rapport des distances focales des objectifs du collimateur et de la lunette (1).

Dans le cas où l'on emploie un réseau comme appareil dispersif (2), la seconde fente peut être fixe, placée dans l'axe de la lunette et le réglage en position du spectre peut être obtenu en donnant au réseau de petits mouvements.

Cette fente est élargie sur une petite longueur à chacune de ses deux extrémités, dans le but d'obtenir, avant et après la photographie solaire, une portion du spectre de la lumière diffuse du ciel et de permettre ainsi de déterminer facilement la radiation exacte dans laquelle a été obtenue la photographie monochromatique.

La plaque photographique peut être placée immédiatement derrière la seconde fente, en la reliant à la partie fixe (dispositif de HALE), où l'image peut être reprise par un appareil photographique (dispositif de BRAUN).

Ce spectrohéliographe peut recevoir de la lumière par l'intermédiaire d'un sidérostat, ou coelostat mais il peut être appliqué directement à un équatorial. Dans ce dernier cas, la monture doit pouvoir tourner autour de l'axe optique de l'objectif de l'équatorial, afin de rendre sensiblement vertical le plan du spectrographe, et la pompe de BRASHEAR doit être disposée pour être placée presque verticalement, quelle que soit la position du soleil.

Ce spectrohéliographe, simple et peu coûteux, sera d'un entretien et d'un maniement faciles et présentera, sur les appareils similaires actuellement en usage, des avantages nombreux.

(Communication de MM. MILLOCHAU et STEFANIK, à la séance du 2 avril 1906 de l'Académie des Sciences.)

**REMARQUE SUR LA NOTE PRÉCÉDENTE ; PAR M. J. JANSSEN.** — J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une note de MM. MILLOCHAU et STEFANIK sur un nouveau dispositif de spectrohéliographe.

Les auteurs se sont attachés à éviter les vibrations gênantes dans ces sortes d'appareils, en ramenant au minimum le nombre des pièces mécaniques nécessaires au mouvement.

Leur projet réduit les parties frottantes à quatre articulations à pointes. Ils ont également pensé à construire la seconde fente de manière qu'on puisse avoir, sur la plaque même où doit être photographiée l'image solaire, un enregistrement de la position de cette fente par rapport au spectre.

Je suis heureux de voir que la méthode que j'ai proposée en 1869, et qui est fondée comme on sait sur l'emploi des deux fentes, ait pris ce développement.

(1) Ces deux principes ont été exposés par BRAUN en 1872 (*Astr. Nachr.*)

(2) La récente découverte des flocculi sombres de l'hydrogène, par M. G. HALE, a montré l'avantage de l'emploi du réseau pour ce genre de recherches.

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*



## REMARQUES GÉNÉRALES

SUR LA

# PHOTOGRAPHIE INTERFÉRENTIELLE DES COULEURS

---

### I

Dans la théorie que j'ai donnée de la photographie des couleurs simples et composées, je me suis borné au cas particulier des ondes planes. Or, dans la pratique, les ondes ne sont pas planes ; elles sont sensiblement sphériques, puisque l'on projette sur la plaque des images de points. Il y a donc lieu de généraliser le raisonnement. La théorie ainsi généralisée suggère l'idée d'une série de dispositifs qui pourraient, théoriquement du moins, remplacer le miroir de mercure.

### II

Je supposerai d'abord l'objectif parfait et donnant d'un point extérieur une image  $P$  réduite à un point. Le point  $P$  et son image  $P'$  fournie par le miroir de mercure se comportent comme deux sources synchrones. Les franges d'interférences obtenues ne sont pas planes (sauf l'une d'elles) ; elles ont la forme d'hyperboïdes de révolution qui ont  $P$  et  $P'$  pour foyers. Ce sont ces franges qui se fixent dans l'intérieur de la couche sensible, sous forme de dépôts photographiques doués d'un faible pouvoir réflecteur.

L'objectif étant supposé parfait, un point  $P$  et son image  $P'$  se comportent comme deux sources synchrones donnant des franges d'interférence ayant la forme d'hyperboïdes de révolution de foyers  $P$  et  $P'$ , franges qui se fixent dans l'intérieur de la couche sensible sous forme de dépôts photographiques doués d'un faible pouvoir réflecteur.

Supposons les franges formées par de la lumière de longueur d'onde  $\lambda$  et faisons tomber sur la plaque de la lumière blanche diffuse. Un rayon incident quelconque passant par  $P$  coupe la série des hyperboïdes qui correspondent à des maxima de lumière en une série de points  $M, M', M'' \dots$  et les droites  $MP, M'P \dots$  sont également inclinées sur la surface de la frange hyperbolique ; donc les rayons réfléchis correspondants font partie d'un faisceau conique qui a son faisceau en  $P'$ . De plus la réflexion est sélective, c'est-à-dire qu'elle n'est efficace que pour la radiation  $\lambda$  qui a formé le système des franges.

En effet, lorsqu'on passe d'un point  $M$  au point suivant de la série, la différence de marche entre les deux rayons réfléchis croît de  $\lambda$  ; la différence de phase cor-

respondante est égale à zéro si la radiation incidente a pour longueur  $\lambda$  et seulement dans ce cas. Les seules vibrations réfléchies en proportion appréciable sont donc celles qui avaient formé le faisceau des franges d'interférence.

Dans la démonstration précédente, P et P' sont deux sources synchrones, images d'un même point éloigné et rien n'implique que le point P' ait été obtenu par réflexion sur un miroir. On peut donc généraliser et supposer que le système de ces deux sources ait été obtenu à l'aide de l'un quelconque des dispositifs employés pour faire des franges d'interférence : en supprimant le miroir de mercure et en fixant un biprisme, ou bien le double miroir de Fresnel devant l'objectif, on obtiendrait encore le système des points P et P'.

Ainsi, l'on peut théoriquement remplacer le miroir de mercure par l'un quelconque des systèmes inventés pour donner des franges dans l'espace. Pratiquement, il n'en est pas de même : il faut que les points P et P' soient très rapprochés, et, dans ce cas, les défauts de construction du biprisme ou du double miroir de Fresnel font que les faisceaux interférents ne se rencontrent plus. On ne pourrait sans doute réussir l'expérience qu'en utilisant les faisceaux illimités fournis par le système de deux miroirs demi-transparents (1).

Gabriel LIPPmann.

---

(1) Communication à l'Académie des Sciences.

# LA PHOTOGRAPHIE DU FOND DE L'ŒIL<sup>(1)</sup>

## I

Devant deux yeux encadrés dans un visage de madone qui excitent l'admiration, qui suscitent les plus doux sentiments éveillant l'âme au culte de la beauté, personne ne pense qu'il y a des appareils permettant à un regard curieux de pénétrer dans leur intérieur et d'en fouiller les angles les plus reculés.

Ce fut HELMHOLTZ qui en 1851 découvrit l'appareil profanateur, l'*ophthalmoscope*; mais le péché originel lui fut tout de suite pardonné, car sa découverte rendait possibles une infinité de recherches nouvelles et importantes qui ont élevé l'ophtalmologie à la dignité de science. D'ailleurs la science en a déjà fait beaucoup de profanations au bénéfice de l'humanité souffrante, et il n'y a plus aujourd'hui une seule cavité du corps humain qui ne soit accessible à une lampe électrique exploratrice ou à une pellicule photographique; notre squelette même est à la merci d'une plaque photographique s'il est interposé entre celle-ci et un écran fluoroscopique, lorsqu'une bobine d'induction et un tube Crookes, placés devant l'écran, produisent des rayons X. L'homme apparaît alors comme une ombre animée par un squelette, une vision de ce que nous deviendrons un jour, cela vous donne les frissons!...

Helmholtz, par un trait de génie, eut tout de suite conscience de l'importance de sa découverte; en effet, grâce aux travaux de quelques savants, l'ophtalmologie a, tout de suite après, fait des pas gigantesques, et contribue aujourd'hui avec les autres sciences biologiques au glorieux progrès de l'humanité.

L'*ophthalmoscope* nous permet de voir et d'explorer tout l'intérieur de l'œil, en obtenant des images réelles et aériennes des différentes parties du fond oculaire; pourquoi ne pourrions-nous pas maintenant fixer ces images sur une plaque sensible?

Il suffit simplement de penser à la manière dont est construit l'œil humain pour se rendre compte de l'extrême difficulté de la chose. En forme profane on peut dire que la photographie du fond de l'œil appartient à la catégorie des photographies d'intérieur, avec cette différence, que pour un intérieur l'appareil est placé le plus souvent dans un point de l'intérieur même, tandis que personne ne pourrait introduire dans l'intérieur de l'œil le plus microscopique des appareils photographiques, muni de l'indispensable objectif grand angulaire! Si cela était

(1) Nous remercions tout particulièrement M. A. COMINETTI, directeur-propriétaire de la belle revue internationale *La Fotografia artistica* de nous avoir autorisé à reproduire ce très intéressant article et d'avoir eu l'amabilité de nous prêter les galvanos des figures.

possible, l'obturateur instantané et à pose serait tout trouvé dans les paupières elles-mêmes !

Il est évident que celui qui entreprend de photographier les parois intérieures de l'œil doit vaincre les mêmes difficultés qu'il rencontrera pour photographier l'intérieur d'un appareil photographique à travers son objectif, où, comme dans l'œil, devraient passer les rayons lumineux qui pénètrent dans l'intérieur et qui en émanent pour en former l'image sur le second appareil. Si tout se réduisait à cela, il est clair qu'il ne serait pas difficile d'atteindre son but grâce à un dispositif plus ou moins ingénieux et calculé mathématiquement, soit pour ce qui se rapporte au pouvoir de réfraction des objectifs mis de face, soit pour le système d'illumination de l'intérieur de l'appareil à travers son objectif même. Mais les

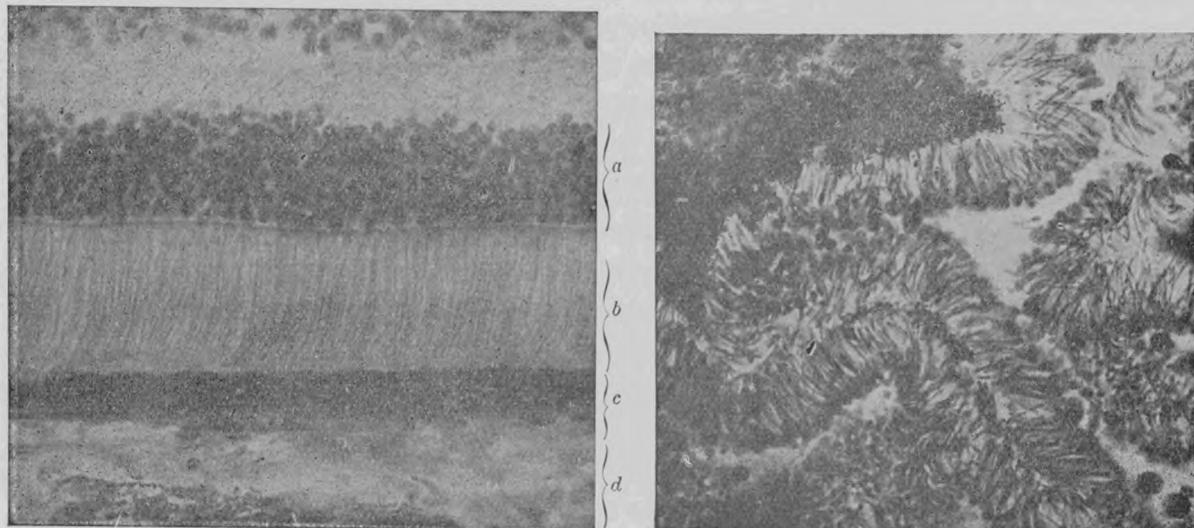


Fig. 1 et 2. — Microphotographie du Dr Orlando Pes, Turin.

Section partielle de rétine humaine où sont visibles en *a* la couche des cellules visives, en *b* les bâtonnets et les cônes, en *c* l'épithélium contenant les granules pigmentés noirâtres et mobiles sous l'action de la lumière, et en *d* la couche plus intérieure de la choroïde ou membrane vasculaire.

Section oblique de rétine humaine avec des buissons de bâtonnets et de cônes détachés de la membrane limitante externe. En comparant cette figure avec la figure 1, on se rend bien compte de l'influence des différentes méthodes de préparation sur la manière d'apparaître de ces éléments.

difficultés à surmonter ne sont pas toutes là : l'œil d'abord, au lieu de rester fixe, bouge continuellement en échappant au contrôle de notre conscience et à l'empire de notre volonté, soit par un effet de l'impulsion du cœur, soit par effet de la tonicité de ses muscles moteurs, lesquels, pendant la fixation, doivent constamment s'équilibrer pour régler à un but unique l'action de chacun. En outre, les membranes intérieures sont pourvues, spécialement chez les individus bruns, d'une quantité considérable de pigment noirâtre qui absorbe une bonne partie de la lumière qui entre, laissant à celle qui sort pour former l'image à photographier une très petite valeur actinique. L'insuffisance de la valeur actinique des rayons émanant de l'intérieur de l'œil est due non seulement à leur quantité, mais encore à leur qualité, car ils sont presque entièrement formés par des variations de tons rouges. Il faut, pour cela, recourir à des lumières très intenses, pourvues surtout

de rayons à ondes courtes, mais ceux-ci sont très gênants et même nuisibles.

L'œil, comme organe périphérique, équivaut à un appareil photographique, mais, au lieu des mécanismes de celui-ci pour la mise au point des images, il possède dans son intérieur un muscle qui agit sur la courbure de son objectif, le cristallin, en variant le feu à volonté.

Les rayons lumineux pénètrent à travers ses moyens réfrangeants, transparents, diaphragmés par l'iris, lequel sert non seulement à rendre plus nettes les images, mais encore à régler dans une certaine mesure la quantité de lumière. Mais si l'organe est dans son ensemble construit d'une façon si admirable, il n'est cependant pas toujours parfait sous le rapport de l'optique, et voilà pourquoi, à côté des appareils qui en mesurent les défauts, nous possédons, synthèse palpable de longues et patientes études, toute une collection de lentilles correctives, afin que dans tous les cas les images du monde extérieur puissent se former nettes et pures sur la membrane nerveuse sensible.

Ces défauts, ou excès de réfraction, parfois en des méridiens différents d'un même œil et plus fréquents qu'on ne croirait, constituent eux aussi un obstacle considérable à la clarté et à la précision des photographies du fond de l'œil, et nous présentent ainsi d'autres difficultés à vaincre.

La structure et configuration intérieure de l'œil, soit sous le rapport physiologique, soit sous celui pathologique, est si belle et si intéressante que depuis longtemps, et surtout depuis la découverte de l'ophthalmoscope, elle a été l'objet de nombreuses reproductions sur planches colorierées dans des atlas devenus classiques.

Le dessin et la reproduction lithographique ont déjà atteint la plus grande perfection, mais l'objectif photographique est sans doute plus exact, plus fidèle que la main de l'homme.

Comme nous l'avons dit, l'œil est une chambre noire vivante, sur le fond de laquelle se forment les images du monde extérieur, et celles-ci se suivent, multiples et rapides, en provoquant des sensations toujours nouvelles et variées, autant que le demandent nos rapports avec la nature, pendant notre vie entière.

Dans l'appareil photographique la plaque sensible ne fixe qu'une seule image, parce qu'elle n'a pas la vie qui se manifeste, mystérieuse encore, dans notre membrane sensible, la rétine : mais la plaque fixe l'image avec une rapidité qui peut dépasser  $1''/1000$ , tandis que cela n'est pas possible à notre rétine qui a besoin d'un temps plus long afin que la sensation puisse atteindre le seuil de notre conscience. Cela dépend de plusieurs facteurs, mais aussi de la différence qui existe entre le procédé d'impression photographique et le procédé d'impression rétinique, bien qu'on puisse saisir entre les deux procédés quelques analogies qui surprennent et qui rendent pensifs.

Avant de passer à traiter la photographie du fond de l'œil, je dirai rapidement quelque chose de ces analogies qui sont certainement moins connues de la plupart de nos lecteurs.

Dans le procédé de Lippmann pour la photographie des couleurs, la lumière incidente qui forme l'image sur la plaque sensible de la chambre noire, interfère avec la lumière réfléchie par le mercure sur lequel s'appuie toute la surface postérieure de la plaque même. Il se forme ainsi dans l'intérieur de la couche sensible

un système de franges, c'est-à-dire de maxima lumineux et de minima obscurs. Les maxima seuls impressionnent la plaque et restent marqués par des dépôts d'argent plus ou moins susceptibles de réflexion, qui occupent leur place d'une manière telle que la couche sensible est divisée par ces dépôts en une série de lames très minces dont l'intervalle équivaut à une demi-longueur d'onde de la lumière incidente. Le docteur Neuhaus dans des sections microscopiques de certaines photographies du spectre solaire (obtenues par la méthode interférentielle de Lippmann) a pu constater la stratification lumineuse de l'argent à distances prévues par la théorie de Lippmann.

Or, ces stratifications du pigment photographique rappellent les différentes positions que le pigment de l'épithélium rétinique pigmenté prend parmi les membres extérieurs des bâtonnets et des cônes de la rétine humaine sous l'action des lumières blanches ou colorées.

M. ANGELUCCI, en étudiant sur les grenouilles les limites de la migration et de la stratification du pigment en rapport aux lumières monochromatiques, a pu



Fig. 3. — Microphotographie du Dr Orlando Pes, Turin.

Section de rétine humaine où sont visibles en *a* la couche granulaire intérieure, entre *a* et *b* la couche réticulaire externe, en *b* la couche granulaire extérieure ou des cellules visives, et en *c* les cônes et les bâtonnets pourvus de nucléus et qui sont groupés par des séries comme un clavier de piano.

établir cette loi que les limites s'étendent en raison directe du spectre, du rouge au bleu.

L'analogie résiderait là dans un fait mécanique déterminé d'une manière différente par la même énergie, mais nous avons aussi dans la rétine le phénomène photochimique de la disparition de la pourpre visive sous l'action de la lumière, et de sa reconstitution dans l'obscurité. M. BOLL, qui la découvrit en 1876, a pu établir que la lumière rouge, non seulement n'altère pas, mais renforce au contraire la pourpre visive, la jaune l'altère peu, tandis que les autres couleurs du spectre la diminuent en raison directe de leur réfrangibilité.

Or, la réduction du bromure d'argent et la stratification du pigment photographique n'augmentent-elles pas en raison directe de la réfrangibilité des lumières photographiées ?

Je n'insiste pas davantage; je laisse imaginer au lecteur combien d'énergies

physiques et chimiques se produisent à chaque instant dans la rétine humaine par l'action des innombrables lumières différentes qui se présentent à nous dans le cours de la vie entière !

Les figures 1, 2, 3 reproduisent des sections de rétine humaine, et spécialement les couches où se vérifient les changements rappelés plus haut. La couche des bâtonnets et des cônes se présente d'une façon différente dans les trois figures à cause des différentes méthodes de préparation employées, et aussi à cause de la fixation différente des éléments cellulaires en rapport aux impressions visives dans les suprêmes instants de la vie.

L'aspect du fond de l'œil, tel qu'il nous est révélé par l'ophtalmoscope, est très varié chez les mammifères, et varié aussi dans ses diverses régions.

Toutes les causes morbides qui en altèrent l'intégrité anatomique, se révèlent par des variations sensibles, souvent même constantes et parfois même comme signes non seulement de lésion locale, mais comme signes prémonitoires et concordants de maladies générales.

Il est facile de comprendre par là combien l'ophtalmoscope est un précieux instrument de recherche clinique et combien est nécessaire la représentation exacte des signes ophtalmoscopiques. La photographie du fond de l'œil vivant nous apparaît ici comme une application nouvelle, indispensable pour la science qui se propose toujours de découvrir et de démontrer la vérité par les moyens les meilleurs.

## II

Comme il arrive dans toutes les nouvelles recherches qui exigent une succession d'expériences avec des appareils plus ou moins compliqués, les premières tentatives sont généralement suivies d'insuccès et de découragements.

Mais l'idée abandonnée par l'un est tout de suite recueillie par un autre, mûrie par un troisième et à mesure que les appareils se perfectionnent, les résultats deviennent plus encourageants, aidés aussi par les progrès des autres sciences indispensables à la solution des problèmes les plus compliqués : et l'heureux jour arrive enfin où la nouvelle conquête est faite. Il en fut ainsi pour la photographie du fond de l'œil!

Les premières tentatives furent faites par NOYES en 1862, c'est-à-dire il y a 44 ans, mais les résultats ne furent pas heureux. Il trouva des obstacles dans toutes les difficultés auxquelles nous avons déjà fait allusion, et qui lui parurent insurmontables.

Vinrent ensuite les tentatives de SINCLAIR, de TORONTO, de ROSEBRUGH, de LIEBREICH, de JAKMANN, de WERSBERT, de DOR, de HOWE, de COHN, de HOPE et on arriva ainsi à l'an 1888. Dans toute cette période, que nous pouvons considérer comme la première des recherches, on se servit pour les expériences de chats et de lapins : on employa aussi beaucoup l'œil artificiel de PERRIN. De tous les chercheurs que nous avons cités, le premier et le seul qui photographia, bien que

d'une manière très imparfaite, l'œil humain, ce fut HOWE à Buffalo, en 1887, en se servant de plaques à l'érytrosine.

COHN, qui depuis 23 ans avait multiplié les tentatives pour réussir à photographier le fond de l'œil humain, a avoué en 1888 qu'il n'avait jamais réussi qu'à photographier l'œil artificiel de PERRIN en se servant aussi de la lueur de l'éclair. Il imagina un appareil par lequel il était possible d'observer le fond oculaire jusqu'au moment d'impressionner la pellicule. Ainsi apparaissait déjà un commencement de résolution de deux problèmes : celui de la nécessité de l'instantanée par une lumière puissante, et celui de la nécessité de surveiller le fond de l'œil jusqu'au moment du déclenchement de l'obturateur.

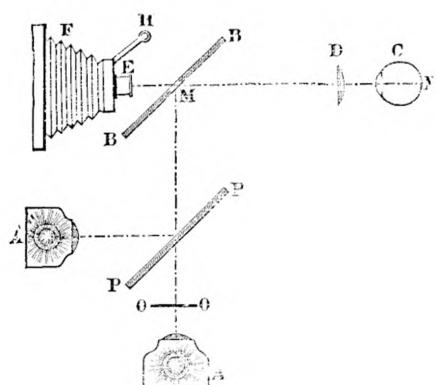


Fig. 4. — Appareil de MM. les Drs BORGHI et BONACINI, de Modène (Figure schématique par les auteurs).

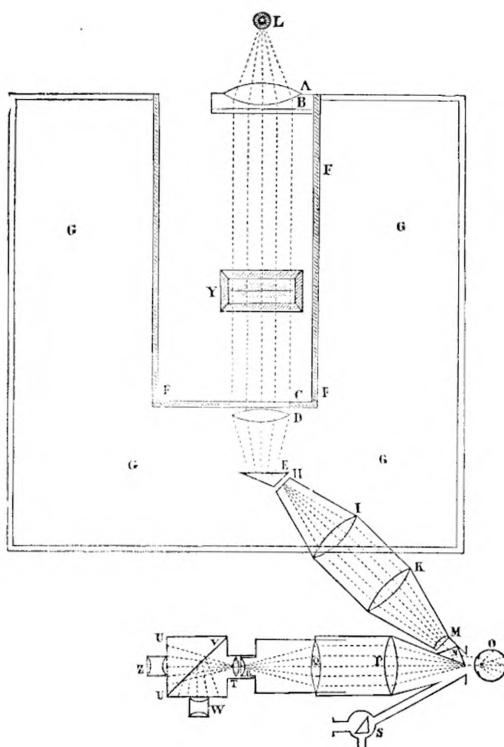


Fig. 5. — Appareil de M. le Dr Walther THORNER de Berlin (Figure schématique par l'auteur).

Il faut noter que tous les auteurs nommés jusqu'ici se sont servis, soit pour l'illumination de l'œil, soit pour la formation de l'image, de toute l'étendue pupillaire, et que plusieurs l'ont fait encore après eux.

En 1889, au contraire, apparaît avec BAGNERIS de Nancy une nouvelle idée originale qui a pris ensuite une très grande importance dans la construction de nouveaux appareils. BAGNERIS proposa de faire pénétrer les rayons lumineux dans l'intérieur de l'œil par une moitié de la pupille, utilisant l'autre moitié pour recueillir les rayons émanant de l'œil même et destinés à former l'image réelle. Il résolvait ainsi le problème d'éliminer tous les reflets lumineux des moyens réfracteurs de l'œil, et surtout de la cornée, au profit exclusif de la pureté et de la netteté des images.

Cependant en 1891, presque contemporainement et à l'insu l'un de l'autre, FICK et GERLOFF adoptèrent pour l'élimination des reflets dont nous venons de parler,

un système d'immersion de l'œil dans l'eau, en mettant à contact de la cornée un verre plat. FICK fut cependant moins heureux dans les résultats que ne le fut GERLOFF. Celui-ci, utilisant l'éclair du magnésium, put, par DUBOIS-REYMOND, présenter à la Société physiologique de Berlin la première photographie nette du fond de l'œil humain, privée des reflets lumineux encombrants et étrangers.

Bien que la technique employée fût lente et fatigante, et bien que la photographie obtenue par GERLOFF comprît un champ du fond oculaire très restreint, enfermé dans un cercle de 9 mm. de diamètre, cependant son essai doit être considéré comme le premier pas important dans la photographie du fond de l'œil.

Quelle qu'ait été jusqu'à présent la source lumineuse employée pour éclairer le fond de l'œil, le système adopté par tout le monde est celui par réflexion avec

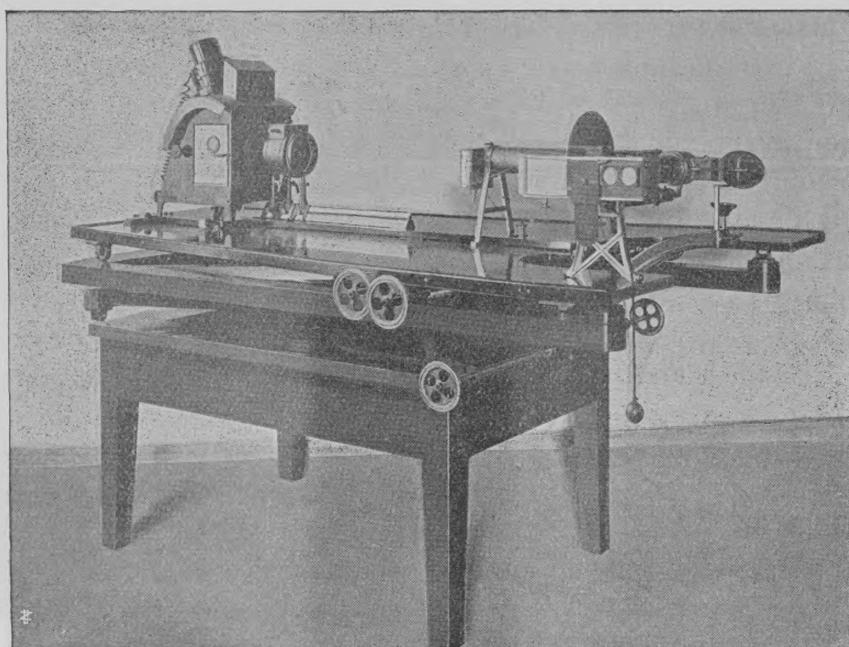


Fig. 6. — Appareil disposé par M. le professeur DIMMER de Graz, tel qu'il fonctionne actuellement dans sa Clinique (Photographie du prof. DIMMER).

un miroir ophtalmoscopique ; en 1892 cependant GUILLOZ imagina et adopta un système plus simple à illumination directe, constitué par une lampe (qui à un moment donné pouvait produire l'éclair de magnésium), par une lentille interposée entre la lampe et l'œil, et par une chambre noire qui recueillait l'image du fond. Ce procédé, qui paraît le plus simple de tous, n'éliminait pourtant pas les inconvénients des reflets lumineux qui masquaient une bonne partie du champ photographique, ainsi qu'il résulte des épreuves mêmes publiées par GUILLOZ, lesquelles prouvent combien le pas décisif vers la netteté et la précision était loin encore.

En 1896, THORNER réussit lui aussi à obtenir des photographies du fond de l'œil humain avec la lumière du zirconium, mais il ne fut guère plus heureux que GUILLOZ, parce qu'avec son premier appareil il ne put diminuer les reflets lumineux.

On peut déplorer le même inconvénient dans les épreuves obtenues par MM. BORGHI et BONACINI en 1898, par MM. NICOLAEW et DOGIEL en 1900 et 1903,

par M. BAJARDI en 1905, car eux non plus ne réussirent pas à supprimer les reflets, lesquels, soit bien circonscrits et limités, soit comme des halos diffus et lumineux, entrent, véritables éléments étrangers, dans le champ photographique, confondant ou masquant plus ou moins l'image du fond. D'autre part il est indiscutable que les progrès faits dans ces dernières recherches sont extraordinaires, aussi nous arrêterons-nous à examiner ce qui a été fait en Italie par MM. BORGHI et BONACINI de Modène et par M. BAJARDI de Turin, par M. THORNER de Berlin en 1902, par MM. DIMMER de Graz dans le cours de six ans, de 1899 jusqu'à aujourd'hui. Et notre examen est d'autant plus intéressant que dans les procédés suivis par ces Messieurs et dans les résultats qu'ils ont obtenus nous trouvons résumés tous les essais faits jusqu'ici et qui prouvent combien est grande et féconde l'activité de l'esprit humain dans les efforts de conquêtes si intéressantes.

En 1898, MM. BORGHI et BONACINI présentèrent à la Société médico-chirurgicale de Modène 13 photographies du fond de l'œil obtenues sur le lapin, le chien, l'oie et le bœuf avec un procédé des plus simples, très rationnel, dont nous donnons la représentation graphique dans la fig. 4, tel qu'elle fut présentée par les auteurs au mois d'octobre 1905 au Congrès des Ophthalmologues à Naples.

La lumière d'une source *A* réfléchie par un miroir plat ophtalmoscopique *BB*, va illuminer le fond de l'œil observé *N* à travers la lentille plan-convexe *D*. L'image du fond donnée par cette lentille *D* et qu'on peut observer derrière le miroir ophtalmoscopique, est reçue par l'objectif *E* d'une chambre photographique *F* que l'on peut substituer à l'œil de l'observateur au moyen d'une rotation autour du pivot *H* et reproduite sur la plaque sensible.

La lentille ophtalmoscopique *D*, qui peut se déplacer le long de l'axe *M-N*, est plan-convexe afin que, avec une légère inclinaison sur l'axe même, elle puisse éliminer totalement un des deux reflets.

La source lumineuse *A*, très puissante, n'intervient qu'au moment de l'exposition, par l'action de l'obturateur *OO*, et pour tout le reste de l'opération on se sert de la source *A'* de lumière inactinique, qui n'offense nullement l'œil examiné et permet de tenir l'appareil ouvert et prêt à la pose. La lumière de cette source est mise en jeu dans l'appareil par le miroir transparent *PP* (plaque de verre simple ou patiné).

On voit ainsi que la simplicité est unie à la vision très nette des difficultés surmontées en grande partie, si bien que les épreuves obtenues sont suffisamment nettes avec des détails très distincts et un agrandissement de 4 à 7 diamètres. Dans tout le champ il n'y a qu'un seul reflet lumineux très petit, circonscrit et facilement reconnaissable ; à notre avis, *en considérant la simplicité et la bonté extrêmes de la méthode, si rarement atteintes par d'autres jusqu'à présent, et le peu de frais nécessaires*, les épreuves de MM. BORGHI et BONACINI sont effectivement les meilleures de toutes celles obtenues jusqu'à présent, et nous devons en adresser les éloges les plus sincères aux deux chercheurs dont nous attendons, selon leur promesse, la publication de règles constantes qui assureront, même sur l'homme, des résultats toujours satisfaisants, puisque leur méthode est la seule qui soit vraiment à la portée de tout le monde.

M. THORNER, après les premières tentatives qui furent l'objet de sa thèse de

doctorat en 1896, a présenté au IX<sup>e</sup> Congrès international d'ophtalmologie à Utrecht en 1899, un nouvel ophtalmoscope fixe, dans la construction duquel il a essayé de détourner complètement les reflets lumineux, de manière que ceux-ci ne pussent se présenter en aucune direction du regard.

M. THORNER réussit parfaitement dans son intention, et son appareil, modifié aussi pour la stéréoscopie du fond oculaire, construit avec une technique parfaite par la maison SCHMIDT et HAENSCH de Berlin, est entré à faire partie du matériel clinique comme un des plus précieux instruments pour la démonstration scolaire du fond de l'œil.

Il est clair que, ayant obtenu par cet appareil l'avantage non indifférent d'éliminer les reflets lumineux et celui de réduire, par un système optique adapté, sur une surface plane toute l'image d'une surface fortement courbe comme celle du fond de l'œil, il ne restait plus qu'à la recevoir sur une pellicule photographique pour la fixer d'une manière durable.

C'est ce que fit M. THORNER en publiant en 1902 les résultats obtenus, et en pourvoyant à sa nouvelle tâche de la manière suivante :

L'appareil dont il s'est servi, représenté graphiquement à la fig. 5, se compose de trois parties distinctes reliées ensemble : 1<sup>o</sup> de son ophtalmoscope sans reflets (Augenspiegel mit reflexlosem Bilde) ; 2<sup>o</sup> d'une chambre photographique appliquée à l'ophtalmoscope ; 3<sup>o</sup> d'un appareil d'illumination constante à lumière ordinaire avec lampe à pétrole, et d'illumination instantanée avec un mélange-éclair explosif de la durée d'1"/40.

L'appareil d'illumination est constitué par une lampe à pétrole *L* dont les rayons lumineux au moyen de deux lentilles bi-convexes *A* et *D* sont reçus par un prisme *E* lequel au moyen d'une double réflexion les fait dévier de 45°. Ainsi déviés les rayons lumineux passent, à travers une fissure en croissant décentralisé et un peu écrasé, dans un second système de trois lentilles bi-convexes *I*, *K*, *M*, combinées de manière que sur la surface plane de la lentille *M* se forme exactement l'image lumineuse du croissant. Celle-ci est reçue par un prisme à réflexion totale qui, déviant une seconde fois de 45° les rayons lumineux, les rend parallèles à l'axe de l'appareil d'observation et les projette dans l'œil comme provenant de l'infini. Les rayons se font pénétrer dans l'œil droit par la moitié extérieure de la pupille, et dans l'œil gauche par la moitié intérieure, tandis que l'autre moitié reste obscure.

Pour disposer exactement l'appareil devant l'œil de manière qu'une moitié seulement de la pupille soit illuminée il existe un judas latéral qui permet de voir l'œil commodément des deux côtés distincts selon les deux positions qu'on peut donner, au moyen d'une vis, au prisme rectangulaire *S*.

Comme on le voit dans la fig. 5, l'opérateur, la personne examinée, et une partie de l'appareil sont protégés au moyen d'un abri métallique *CCC* de l'explosion du mélange contenu dans la boîte *Y* qui est placée dans la cavité *FFF*.

Ce mélange est composé de 0 gr. 6 de magnésium, de 1 gr. 2 de chlorate de potasse et de 0 gr. 2 de sulfure d'antimoine dont la combustion, obtenue au moyen d'une étincelle électrique, est très rapide, environ 1"/40. Or comme les produits de la combustion sont projetés dans toutes les directions à cause de l'explosion, ils sont recueillis dans l'abri qui défend les individus et l'appareil; les rayons lumi-

neux sortent de la boîte à travers la plaque de verre *C* qui constitue une des parois de la cavité *FFF*.

L'explosion et l'éclair provoquent des mouvements involontaires dans la personne dont l'œil doit être photographié, mais les réactions physiologiques se manifestent lorsque la photographie est déjà faite.

Les rayons lumineux qui émanent de la moitié de la pupille non éclairée passent à côté du prisme *N*, dévient vers la lentille *P*, sont parallèles jusqu'à la lentille *O* et convergent jusqu'à la lentille oculaire *R* où existe un disque avec une ouverture en croissant écrasé dont le côté opaque arrête les possibles reflets lumineux de la cornée. Cette partie oculaire peut être déplacée en avant et en arrière pour la mise au point exacte, et la lentille oculaire *R* peut être substituée par d'autres dans les cas d'hypermétropie ou myopie élevée dans l'individu qu'on examine. Nous devons rapporter à l'oculaire ainsi décrit la chambre noire photographique avec un objectif *T* de 75 mm. de distance focale qui projette une image distincte dans la surface *UU*. Cette chambre est donc en communication optique directe avec la chambre obscure vivante, l'œil, et l'image est mise parfaitement au point en déplaçant le système *QR* qui fait partie de la lunette d'observation.

Or, comme pendant les préparatifs préliminaires l'éclairage avec la lampe à pétrole *L* est nécessairement faible pour ne pas fatiguer la personne en observation, et que par conséquent l'image qui se forme en *U-U* est elle aussi très peu lumineuse, on la reçoit dans une plaque translucide comme en micro-photographie et on la met au point au moyen d'une lentille aplanétique qu'on fait courir sur la plaque elle-même. Dans le but de contrôler avec précision jusqu'au moment de faire la photographie quelle est la partie du fond de l'œil qui se trouve dans l'image, THORNER a disposé dans l'intérieur de la chambre noire, à 45° de la première, une seconde plaque de verre transparent *UV*, laquelle projette sur la paroi *W* une seconde image naturellement plus faible que la première.

On voit clairement, par cette description rapide et sommaire de l'appareil, que les opérations peuvent procéder avec une certaine rapidité; mais, bien que l'instrument soit optiquement parfait, il n'a pas répondu en pratique, à M. THORNER lui-même, avec une égale perfection de résultats. Ceux-ci sont cependant déjà bons et l'auteur déclare de ne pas pouvoir donner un jugement définitif en prétendant, avec une pointe d'exagération sans doute, que les photographies obtenues jusqu'ici par lui et par les autres ne peuvent pas, même de très loin, rivaliser avec un dessin.

Il nous semble que l'excellent procédé de M. THORNER, vu la bonté intrinsèque de l'appareil, pourrait répondre bien mieux, d'une manière presque parfaite, avec quelque modification surtout dans la chambre noire et dans l'appareil d'illumination.

Nous devrions parler maintenant de M. DIMMER de Graz, mais nous le laissons volontairement le dernier, car lui seul est indiscutablement digne de clore la série de ces vaillants chercheurs, puisqu'il a sous tous les rapports atteint la perfection (telle qu'elle est possible dans ces recherches) et qu'il n'a été dépassé jusqu'ici par personne.

Venons donc à un autre chercheur italien, M. BAJARDI de Turin, le dernier de

la série chronologique. M. BAJARDI rapporte en 1905 qu'après plusieurs tentatives infructueuses faites il y a quelque temps, il a adopté la méthode suivante : les rayons lumineux d'une lampe NERNST de 160 bougies, suspendue à 80 cm. au-dessus de la tête du patient, étaient reçus par un ballon de verre rempli d'eau et projetés sur le cathète d'un prisme à réflexion totale, tandis que l'autre cathète était mis presque au contact de l'œil, dont il éclairait l'intérieur seulement pour  $\frac{1}{3}$  ou  $\frac{1}{4}$  de la pupille dans sa partie supérieure.

Afin d'éliminer les reflets de la cornée, la surface antérieure de l'œil était plongée dans un liquide avec un petit verre plan au contact de la cornée, ainsi que l'avaient déjà fait FICK et GERLOFF. Les rayons lumineux émanant de l'œil étaient reçus, par le microscope cornéal binoculaire de CZAPSKY, dans la chambre noire qui y est annexée pour les photographies stéréoscopiques des parties extérieures de l'œil. Le temps de pose variait de 5" à 15".

La méthode est simple et peut être d'une réussite facile avec les animaux qu'on peut immobiliser par des moyens sûrs et efficaces, mais elle n'est pas sans inconvénients pour l'homme. En effet, malgré l'action de la cocaïne, il n'est pas possible d'éviter les mouvements de l'œil (lesquels déplacent la direction des faisceaux lumineux en les portant hors du champ d'observation) : si on applique un divaricateur des paupières, on met à contact de la cornée un petit verre plan et on soumet l'œil à une lumière intense de 160 bougies pendant tout le temps des manœuvres nécessaires pour assurer un heureux résultat.

En outre les objectifs du microscope cornéal de CZAPSKY ont la même structure et les mêmes dimensions des objectifs à sec des microscopes, et par conséquent la lentille frontale, très petite, reçoit bien peu des faisceaux lumineux qui émanent de l'œil et qui sont déjà divergents. Mais cela n'a pas échappé à M. BAJARDI, lequel a remarqué que son procédé demande encore quelque modification dans le but de diminuer le temps de la pose et d'éviter ainsi les inconvénients provenant de la mobilité de l'œil.

Toutefois il doit avoir surmonté les plus grandes difficultés, puisqu'il conclut explicitement qu'il peut obtenir la photographie du fond de l'œil par un procédé simple, que les photographies obtenues n'ont rien à envier, en fait de netteté, à celles qui ont été publiées jusqu'à présent, qu'il obtient des agrandissements plus forts que ceux obtenus par les chercheurs précédents, que, le premier, il a réussi à obtenir des figures stéréoscopiques du fond oculaire. Un bon spécimen de ces dernières a été présenté au Congrès des Ophtalmologues à Naples au mois d'octobre 1905.

En attendant les modifications que l'auteur se propose d'introduire dans son procédé, il nous semble que les épreuves obtenues sont bien encourageantes.

C'est en 1899 déjà que M. DIMMER présenta au Congrès international d'ophtalmologie à Utrecht un photogramme du fond de l'œil humain, photogramme qui, malgré tous ses défauts, était assez démonstratif, mais certainement non supérieur à ceux, encore beaux aujourd'hui, que MM. BORGHI et BONACINI avaient obtenus une année auparavant.

En 1901, M. DIMMER présenta à la réunion des ophtalmologues allemands à Heidelberg, la description de l'appareil dont il se servait et de nouveaux photo-

grammes, mais les images n'avaient pas encore la netteté désirée. En 1902, à la même réunion à Heidelberg, puis en 1904 au Congrès international d'ophtalmologie à Lucerne, M. DIMMER présenta de nouvelles épreuves d'une netteté surprenante et il possède aujourd'hui une série de photographies admirables. Examinons d'abord le procédé dont il s'est servi et qui est, selon nous, un vrai modèle de perfection.

### III

Nous devons faire remarquer, pour l'histoire, que M. DIMMER a été encouragé et aidé matériellement dans ses recherches par la *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften* de Vienne. Or, ce fait a sans doute été un excellent coefficient de réussite, car il a permis à M. DIMMER de soigner tous les moindres détails, corrigeant et modifiant peu à peu, sans s'inquiéter des frais, qui montèrent bientôt à un chiffre considérable.

Aucun des autres chercheurs ne s'était trouvé en de si heureuses conditions pour faire ses expériences, car si, en général, les Académies accordent des prix à ceux qui réussissent, très rarement elles donnent des secours matériels à ceux qui essayent. Aussi l'Académie scientifique de Vienne est-elle, sous ce rapport, digne des plus grands éloges.

L'appareil, dans sa partie optique, est représenté par la figure schématique N. 7, l'ensemble monté apparaît comme dans la fig. 6. Les rayons lumineux d'une lampe à arc de 20 à 30 ampères placée en *L*, sont reçus par la lentille *A* pour aller former en *d*<sub>1</sub>, où se trouve un diaphragme spécial, l'image exacte de *L*. Par un second système de lentilles représenté par *B*, cette image est projetée sur la surface de l'iris de l'œil qu'on veut photographier, en *d*<sub>2</sub>, au moyen d'un miroir *S*, qui est métallique, pour éviter les phénomènes de double réflexion, et a une forme elliptique de la grandeur et de la forme du plan de section à 45° du faisceau lumineux convergeant et venant de *B*.

Comme l'avaient déjà fait d'ailleurs M. BAGNERIS et plus tard M. WOLFF avec son ophtalmoscope électrique, M. DIMMER se sert pour éclairer l'intérieur de l'œil d'une moitié de la pupille, avec une direction telle que, des rayons lumineux fortement convergeants sur la cornée, ceux qui sont réfléchis par celle-ci retournent au miroir plan, placé devant elle. Les rayons lumineux provenant de l'intérieur de l'œil par la moitié obscure de la pupille, sont reçus par un système optique *C*, analogue au système *B*, formant dans son foyer *F* une image renversée *A-B*, du fond oculaire *a-b*. Cette image, par un second système optique *D*, vient se former droite en *A<sup>2</sup>-B<sup>2</sup>* sur la plaque photographique *P-P*. Par ce second système, formé d'un objectif PLANAR ZEISS, les reflets lumineux de la cornée étrangers et importuns sont totalement éliminés par un diaphragme opaque en croissant, placé dans l'objectif lui-même. La chambre photographique *K* contient dans son intérieur un miroir plan  $\Sigma-\Sigma$  qui rencontre à 45° les rayons lumineux et les projette sur la plaque latérale de verre *P<sub>1</sub>-P<sub>1</sub>* en y formant l'image *A<sub>3</sub>-B<sub>3</sub>*, de *a-b*, image qui peut être observée jusqu'au moment de l'exposition de la pellicule. La mise à

feu de l'image nécessaire pour les divers états de réfraction des yeux qu'on doit photographier se fait en éloignant ou en rapprochant  $P-P$  de  $D$ .

Tout le système est réuni ensemble et doit être approché de l'œil de manière que le bord du miroir  $S$  se trouve à quelques millimètres devant lui, divisant en deux la pupille dilatée.

Dans l'outillage optique il existe un appareil adiathermique pour retenir les rayons calorifiques de la lampe à arc ; de la même manière il existe au point  $d_4$  un verre fumé qui permet de faire toutes les manœuvres de la mise au point par une lumière peu intense qui ne fatigue pas le patient. Il y a en outre au point  $d_1$  une petite mire qui, réfléchie par le miroir  $S$ , est vue par l'œil même qu'on doit photographier, et le fixe. Cette mire, qui dans des cas de peu de force visive peut être substituée par une petite flamme, permet même la photographie du fond de l'œil chez un monocle.

M. DIMMER a réussi, par un spécial et ingénieux appareil électromagnétique, à faire qu'au moment voulu, par la pression d'une poire en caoutchouc, le miroir  $\Sigma-\Sigma$  est lancé dans la direction de la flèche en découvrant la plaque photographique  $P-P$ , et contemporainement le diaphragme  $d_1$  se déplace dans la direction de la flèche de manière que l'ouverture  $d_3$  se trouve sur le passage des rayons lumineux et les laisse passer tous instantanément. Cela se produit avec une précision et une régularité mathématiques et constitue une des fonctions les plus délicates et les plus importantes de l'appareil.

Un autre détail non moins important consiste dans la manière de fixer la tête, ce qui permet de refaire avec la même personne plusieurs photographies du même point du fond oculaire. Le patient, au lieu d'avoir la tête entre des étaux qui fatiguent et par réaction produisent des mouvements, est assis les coudes et le menton appuyés, et il saisit avec ses dents un appareil arrêté par des vis et recouvert de cette espèce de pâte spéciale que les dentistes emploient pour prendre l'empreinte et qui est molle tant qu'elle est chaude. De cette manière le patient laisse l'empreinte de sa morsure dans l'appareil, et il est évident qu'en se remettant en place sur la même empreinte, la tête reprend exactement la position de la première fois.

Tous les mouvements sont réglés par des coulisses, des vis et des crémaillères et l'on peut ainsi changer la position de l'appareil avec une grande facilité pour photographier tantôt un œil tantôt l'autre.

La mise au point exacte de l'image du fond oculaire s'obtient aussi en faisant glisser, comme dans la microphotographie, une lentille aplanétique sur la plaque transparente, et lorsque le moment propice arrive, la pression sur la poire de caoutchouc détermine l'exposition de la pellicule sensible par l'ouverture synchrone

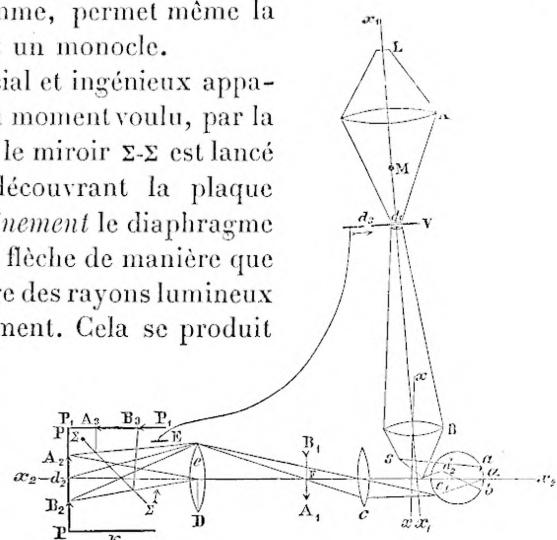


Fig. 7. — Système optique de l'appareil du professeur DIMMER (Figure schématique par l'auteur).

du diaphragme qui, comme nous l'avons dit, interceptait une bonne partie des rayons lumineux.

L'exposition de la pellicule varie de 1"/16 à 1"/20 ; M. DIMMER pense qu'avec

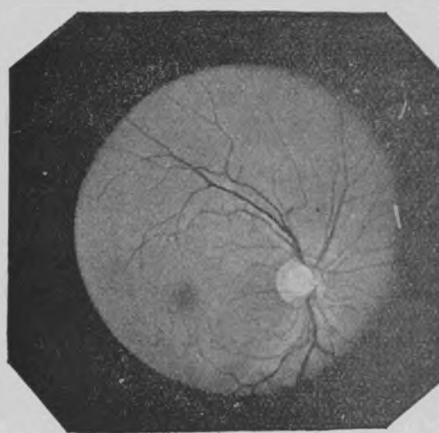


Fig. 8. — Fond de l'œil normal d'un homme de 38 ans (Photographie du professeur DIMMER ; agrandie de 4 fois environ).

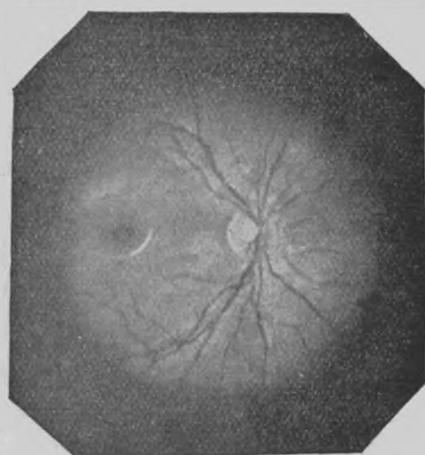


Fig. 9. — Fond de l'œil normal, avec reflets rétiniques, d'une demoiselle de 22 ans (Photographie du professeur DIMMER ; agrandie de 4 fois environ).

une pose plus longue l'œil ne pourrait pas malgré tout rester immobile, et l'épreuve perdrait en netteté.

Les plaques qui lui ont donné les meilleures épreuves ce sont les isochromatiques Snap-Shot d'Edward de Londres.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, M. DIMMER a dû, pour soigner les

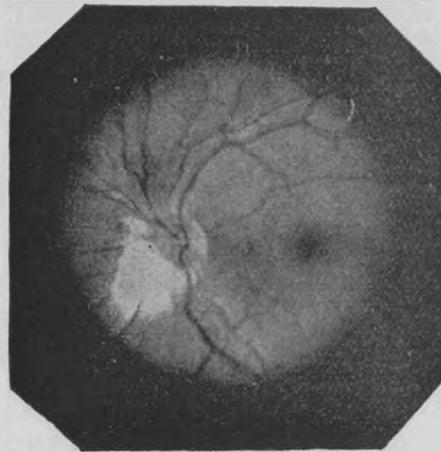


Fig. 10. — Fond de l'œil normal, avec anomalie congénitale, d'une demoiselle de 23 ans (Photographie du professeur DIMMER ; agrandie de 4 fois environ).

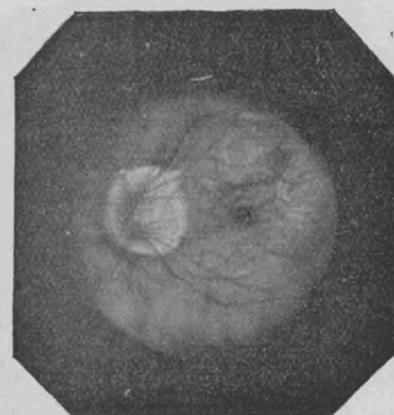


Fig. 11. — Fond de l'œil d'un myope, avec choriopathie centrale (Photographie du professeur DIMMER ; agrandie de 3 fois).

moindres détails et pour rendre les mouvements faciles et prompts, faire des dépenses considérables.

Mais la maison ZEISS DE IENA construit maintenant, sur des dessins combinés avec M. DIMMER, un nouvel appareil qui sera beaucoup moins coûteux, tout en étant plus parfait sous le rapport mécanique et optique, et qui diminuera le temps

nécessaire pour mettre l'œil en position, et la durée de la pose. L'appareil pourra se prêter aussi à d'autres usages qui ne soient pas la photographie du fond de l'œil, mais de tout cela M. DIMMER se réserve de nous parler bientôt.

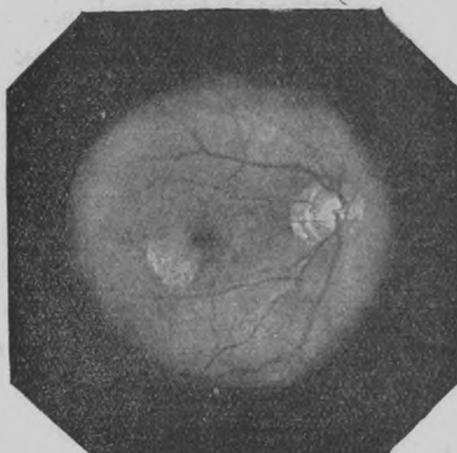


Fig. 42. — Fond de l'œil avec rétino-choroïdite centrale, conus et vaisseaux cilio-rétiniques d'une femme de 56 ans (Phot. du professeur DIMMER, agrandie 4 fois environ).

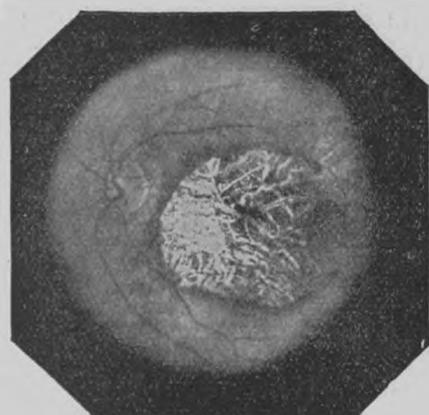


Fig. 43. — Fond de l'œil avec rétino-choroïdite et conus, d'une femme de 56 ans (Photographie du professeur DIMMER, agrandie de 4 fois environ).

En attendant il a surmonté toutes les difficultés et il possède une collection de photogrammes splendides qu'il se propose de réunir et d'illustrer prochainement dans un volume. Il a bien voulu nous permettre d'en offrir une série à nos lecteurs et nous ne doutons pas qu'elle sera accueillie avec intérêt par tous, particulièrement par ceux qui s'occupent de la science ophtalmologique.

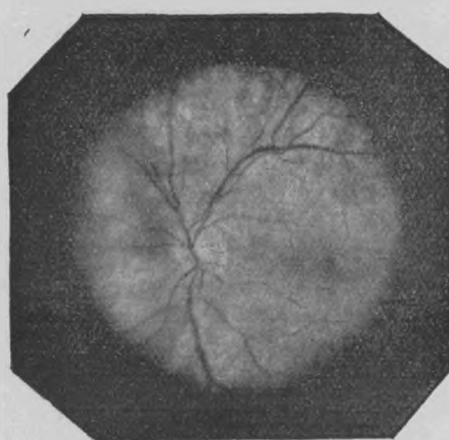


Fig. 44. — Fond de l'œil avec rétino-choroïdite syphilitique chez une femme de 33 ans (photographie du prof. DIMMER, agrandie de 4 fois environ).

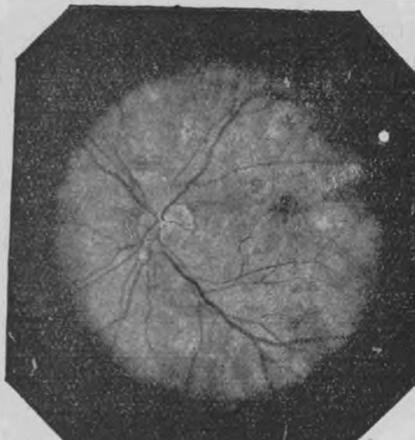


Fig. 45. — Fond de l'œil avec rétino-choroïdite syphilitique chez un homme de 50 ans (photographie du prof. DIMMER, agrandie de 4 fois environ).

Si nous devions donner une description minutieuse des figures que nous présentons, nous sortirions des limites de notre tâche, et d'autre part elle enseignerait bien peu de chose à ceux qui n'ont pas vu, et serait toujours insuffisante pour la grande difficulté de reproduire en termes propres les différents tons de coloris de

l'image ophtalmoscopique à cause de la complexité des modifications du fond de l'œil. Aussi nous contentons-nous de donner quelques notices sommaires afin que le lecteur profane puisse les comprendre lui aussi.

Les fig. 8 et 9 représentent le fond de l'œil normal. Le disque rond plus clair correspond au point d'entrée du nerf optique dans l'intérieur de l'œil et qui s'appelle *papille du nerf optique*; c'est de là que partent tous les vaisseaux sanguins (artères et veines) qui se distribuent sur la rétine comme une élégante arborisation. La fig. 9 cependant est un peu différente de la fig. 8, parce qu'elle reproduit un fait qui se remarque dans les yeux des enfants et des jeunes gens, c'est-à-dire les reflets de la rétine. La tache obscure que l'on voit dans les deux figures correspond à ce que l'on appelle *fovea centralis* ou *macula lutea* et qui dans la figure 9 apparaît entourée d'un bord blanc dû à des reflets de lumière; cette fossette est la partie la plus sensible de la rétine, parce qu'elle contient le point de la vision directe, c'est-à-dire, que c'est sur elle que vient se former l'image du champ de vision sur lequel nous fixons le regard.

La fig. 10 elle aussi représente le fond d'un œil sain, mais en correspondance de la papille du nerf optique un épanouissement blanc en forme d'éventail dû au fait que quelques faisceaux de fibres nerveuses pénètrent dans l'intérieur de l'œil encore revêtus de cette substance graisseuse dite myéline, qui confère aux nerfs leur coloris blanc et qui, régulièrement, ne se trouve jamais dans les fibres nerveuses du nerf optique, quand elles ont pénétré dans l'intérieur de l'œil; ce qu'on observe dans la figure 10 doit être attribué purement à une anomalie congénitale, et n'a pas de conséquence importante du côté de la fonction.

Les figures 11, 12 et 13 représentent différents types des altérations du fond de l'œil, auxquelles sont sujets les yeux affectés de myopie à un degré élevé, et qu'on remarque, soit autour de la papille, soit dans la région de la *fovea centralis*; elles sont le résultat de procédés inflammatoires plus ou moins étendus et qui n'intéressent que la choroïde ou la rétine.

Les figures 14, 15 et 16 représentent les différents états d'une même affection : la rétino-choroïdite syphilitique. Les figures 14 et 15 montrent la phase inflammatoire, la figure 16 la phase de cicatrisation où chacune des taches blanches avec des pigments noirâtres pénétrée dans le tissu de la rétine, correspond, dans le champ visif, à une zone partiellement ou totalement aveugle.

La figure 17 représente un cas d'atrophie du nerf optique, dont la papille apparaît parfaitement blanche avec les vaisseaux rétiniques très grêles. Dans les cas les plus graves, c'est-à-dire lorsque l'atrophie est complète, elle est accompagnée de cécité; le plus souvent elle est l'épilogue d'un empoisonnement microbique ou chimique (alcool ou tabac) ou d'une affection spinale ou cérébrale, dans lesquelles Vénus aussi peut avoir une grande partie de responsabilité.

Si, comparés aux autres dessins, les essais photographiques de M. DIMMER que nous reproduisons, sont d'une vérité objective absolue, ils manquent cependant des couleurs avec lesquelles nous apparaît en nature le fond de l'œil. Or, il ne faut pas oublier que le coloris est une qualité importante dans cette matière.

A l'état physiologique, dans l'espèce humaine et dans les autres animaux, il est différent de variété à variété, et dans la même variété il est différent d'individu

à individu selon la pigmentation du tégument. Dans l'espèce humaine les variétés indienne et mongolique présentent un fond gris-perle (*Macnamara*) ou rouge-brun (*Inouye Tatsushichi*) et les vaisseaux de la choroïde ne se voient absolument pas ; dans la variété caucasienne, de l'individu albinos au blond, au châtain, au brun, nous avons des gradations très différentes de coloris et d'aspect. A l'état pathologique, puis, le coloris prend une plus grande importance ; car un œil exercé trouve dans un peu plus ou un peu moins de rouge, ou de blanc, ou de gris les signes révélateurs de graves dérangements et non seulement locaux.

C'est pour cela que l'expérience devra nous dire jusqu'à quel point les plaques orthochromatiques pourront reproduire toutes les nuances et tous les changements de couleur du fond de l'œil, et jusqu'à quel point les procédés de pigmen-

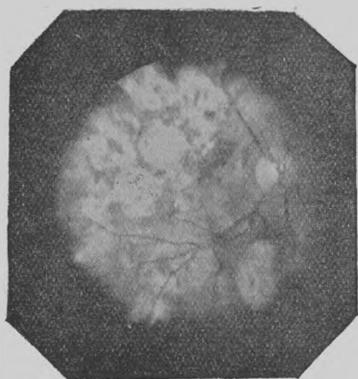


Fig. 16. — Fond de l'œil avec rétino-choroïdite syphilitique chez un homme de 50 ans (photographie du prof. DIMMER, agrandie de 4 fois environ).

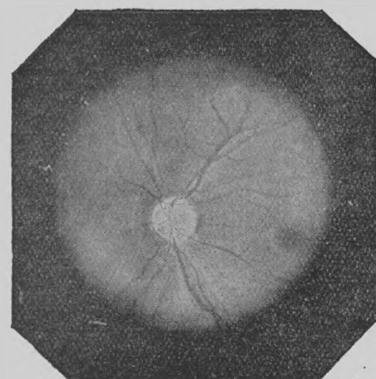


Fig. 17. — Fond de l'œil avec atrophie du nerf optique dans un jeune homme de 33 ans (photographie du prof. DIMMER, agrandie de 4 fois environ).

tation chromatique dont dispose la technique photographique pourront approcher de la reproduction du vrai. Nous pouvons dire en attendant que les diapositifs des photographies de M. DIMMER, soumis à la pigmentation rougeâtre par des bains aux sels d'uranium, arrivent à prendre à peu près la teinte rouge-orangé du fond de l'œil, en donnant, quelques-uns surtout, l'illusion du vrai. Ces diapositifs, faits à Turin, peuvent être admirés dans les séances démonstratives avec projections que l'illustre professeur REYMOND a l'habitude de faire dans sa clinique oculistique aux étudiants de son cours. Qui peut dire aujourd'hui ce que nous réservent les progrès de la technique photographique pour la reproduction des couleurs ?

M. JAEGER, le célèbre auteur du meilleur atlas d'ophtalmoscopie, dit qu'il est plus facile d'obtenir une *image correcte* au moyen du pinceau que par la chromolithographie. L'expression *image correcte* révèle toute la fatigue et toute la peine qu'exige le dessin du fond oculaire. Et on le comprend bien si l'on pense que l'image change continuellement de position par rapport à l'observateur, si bien que, par exemple, il est impossible de rendre chacun des petits vaisseaux sanguins dans ses exactes proportions de grandeur, ce qui fait que chaque détail doit être examiné plusieurs fois et refait. En outre, si la reproduction chromolithographique

s'écarte toujours de ce que fait le pinceau, à plus forte raison elle s'écartera encore plus de la réalité.

Au contraire la photographie, avec l'appareil et les résultats de M. DIMMER, n'est plus le fruit de quelques tentatives stériles de chercheurs solitaires, mais c'est une vraie et nouvelle conquête de la science qui pour le moment s'impose avec les caractères absolus de la vérité, et qui, demain peut-être, par la reproduction fidèle des couleurs, pourra atteindre la perfection idéale : les avantages immédiats que le physiologue et le clinicien peuvent en tirer sont sans doute très considérables. Ce n'est pas au hasard que le Congrès international d'ophtalmologie à Lucerne en 1904 (où M. DIMMER a présenté ses admirables photographies) a été appelé le « Congrès de la photographie du fond de l'œil ».

Vers l'an 1500 LEONARDO DA VINCI a trouvé que l'œil humain pouvait être comparé à une chambre noire ; en 1604 KEPLER expliqua la formation de l'image dans l'intérieur de l'œil, en donnant une première base aux lois de la dioptrique oculaire ; HELMHOLTZ en 1851 découvrit l'ophtalmoscope qui nous permet de voir tous les détails de l'intérieur de l'œil : aujourd'hui la photographie de cette merveilleuse chambre noire vivante est un fait accompli.

Qui aurait jamais cru qu'il était possible de confier à une pellicule photographique les secrets du plus délicat de nos organes des sens, vraie émanation directe du cerveau ?

O Science éternelle, divine charmeuse !

Dans sa sévérité impeccable elle suit, toujours sereine, son glorieux chemin, elle traverse les siècles sans rien souffrir du temps, elle accueille les choses les plus anciennes, les choses les plus nouvelles, et les pertes et les espérances, et les conquêtes et les victoires de l'Humanité, à laquelle, comme le soleil quand il se lève et quand il se couche sur la mer, elle verse ses richesses inépuisables, trésors de lumière, de beauté et de vérité !

D<sup>r</sup> ORLANDO PES.

Turin, décembre 1905.

---

# LE RELIEF STÉRÉOSCOPIQUE EN PROJECTION PAR LES RÉSEAUX LIGNÉS

Par M. E. ESTANAVE

Pour obtenir la sensation du relief au moyen d'images deux conditions sont nécessaires :

1<sup>o</sup> Observer binoculairement deux épreuves répondant à deux perspectives d'un objet ;

2<sup>o</sup> Observer ces épreuves de telle façon que celle qui est destinée à l'œil droit soit vue seulement par l'œil droit à l'exclusion de son congénère, de même pour l'image destinée à l'œil gauche.

Si ces conditions sont réalisées le relief apparaît.

D'après cela, j'ai imaginé un écran spécial de projection, sur lequel on projette deux images stéréoscopiques, de façon à mettre en coïncidence les points les plus éloignés, la ligne d'horizon par exemple. Les images des points les plus rapprochés ne se superposent pas et représentent un écart horizontal, connu sous le nom, donné par HELMHOLTZ, de *parallaxe stéréoscopique*. Cet écartement est d'autant plus prononcé que les objets qu'ils représentent sont plus voisins de l'observateur.

En regardant par transparence sur cet écran, à une distance convenable, chaque œil perçoit l'une des images à l'exclusion de l'autre et le relief apparaît.

Grâce à cet écran, il n'est besoin d'aucun instrument à interposer devant les yeux, et c'est d'une grande facilité dans l'observation.

Pour l'intelligence de la théorie, il est nécessaire de se reporter au principe de la stéréophotographie par le procédé des réseaux (1).

Considérons un point M (fig. 1) d'un objet et deux sources lumineuses O et O', un

écran EE' au-devant duquel on a disposé un réseau ligné RR'. La source O donne sur l'écran EE' une ombre m de ce point et la source O' une ombre m' ; s'il

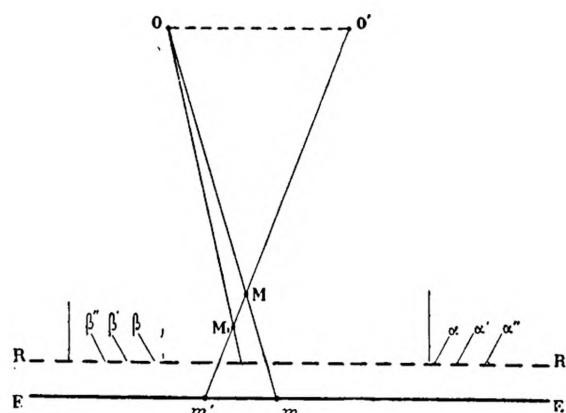


Fig. 1.

(1) Voir Revue des Sciences Photographiques, juin 1906.

était possible de marquer sur l'écran les ombres  $m$  et  $m'$  et de placer ensuite ses yeux à la position qu'occupent les sources  $O$  et  $O'$ , en supprimant l'objet  $M$ , chacune des ombres serait vue de chacun des yeux à l'exclusion de l'autre. Pour une position convenable du réseau, l'œil placé en  $O$  verra, en effet, l'ombre  $m'$ , mais ne pourra voir  $m$ , car le rayon visuel allant de  $m'$  à  $O$  rencontre un trait du réseau et est arrêté par l'opacité de ce trait. De même  $O'$  verra  $m$ , mais ne pourra voir l'ombre  $m'$ . Donc, si l'observateur reçoit sans confusion chacune de ces impressions monoculaires, il aura la sensation stéréoscopique comme s'il regardait directement l'objet ayant servi à obtenir ces ombres.

Le réseau sert donc à masquer à chacun des yeux l'ombre qui ne le concerne pas.

Mais tous les points de l'objet ne sauraient fournir deux impressions telles que  $m$  et  $m'$ ; le point  $M_1$  par exemple, n'aura qu'une impression  $m'$  donnée par la source  $O'$ : celle que pourrait donner la source  $O$  se trouvant arrêtée par l'opacité

d'un trait du réseau. *Les images données par chaque source sur l'écran seront donc incomplètes et seront comme formées de hachures. Mais, comme nous le verrons, cela n'aura pas d'influence dans l'observation des images, grâce à la tendance que nous avons à combler, dans l'interprétation cérébrale, toute discontinuité des images, pourvu toutefois que celle-ci ne dé-*

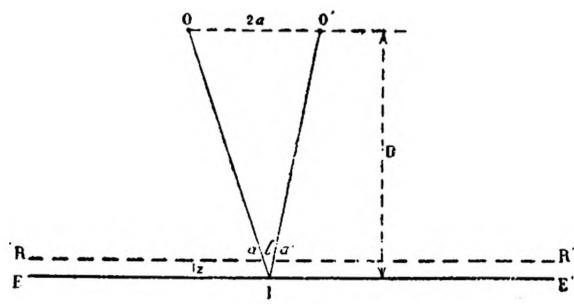


Fig. 2.

passe par certaines limites. C'est pour ce motif que les images finement quadrillées de la *photogravure* nous donnent la sensation d'images continues et que nous n'apercevons pas les quadrillages qui ont servi à la produire.

La distance des sources  $O$ ,  $O'$  doit tout d'abord être égale à l'écartement pupillaire, puisque dans l'observation les yeux doivent prendre la place de ces sources. Cette distance est variable suivant les observateurs, elle peut être comprise entre 5 cm. 5 et 6 cm. 4. Le réseau ligneux doit être placé à une distance de l'écran telle que les rayons lumineux émanant de  $O$  rencontrent l'écran dans les régions où la source  $O'$  projette les ombres des traits opaques du réseau et réciproquement. Ces conditions sont réalisées si les rayons lumineux émanant de  $O$  et  $O'$  et tangents à deux bords consécutifs de deux traits du réseau se rencontrent sur l'écran (fig. 2); alors la similitude des triangles  $OIO'$ ,  $o'a'o'$  donne :

$$\frac{z}{D} = \frac{t}{2a}$$

$z$  désignant la distance du réseau à l'écran,  $D$  celle des sources à l'écran,  $t$  l'écartement des deux traits opaques du réseau et enfin  $2a$  l'écartement des sources lumineuses.

Cela étant, je projette, dans une même région d'un écran, les deux images stéréoscopiques d'un objet, de façon qu'elles soient superposées. Dans les essais que j'ai faits au laboratoire de M. le professeur LIPPmann, à la Sorbonne, je suis

arrivé à ce résultat en disposant deux objectifs prismatiques devant deux images stéréoscopiques. Grâce au déplacement latéral des deux objectifs on arrive facilement à amener en coïncidence relative les images des deux vues stéréoscopiques. Sur une simple glace dépolie cette superposition ne présente que fouillis et confusion ; mais, en recevant cette double image sur un écran spécial transparent armé de réseaux lignés, dont le caractère a été calculé de manière à satisfaire aux conditions ci-dessus, l'observateur regardant attentivement, dans des azimuts déterminés, voit en relief sur l'écran le sujet dont on a placé devant les objectifs les images stéréoscopiques. L'écran spécial est formé de deux réseaux lignés à lignes parallèles, séparés par un écran transparent, une glace dépolie par exemple. La distance qui les sépare de la glace dépolie est en rapport avec le caractère des réseaux que l'on utilise. L'un de ces réseaux joue le rôle du réseau RR' (fig. 1) pour tramer les deux images stéréoscopiques projetées, sur la glace dépolie, l'autre sert à effectuer la séparation des images ainsi imbriquées.

Une tolérance assez grande est ici permise en raison des images agrandies que l'on projette et plusieurs observateurs convenablement placés pourront voir simultanément le sujet en relief sur l'écran, d'autant mieux que celui-ci aura de plus grandes dimensions.

Jusqu'ici j'ai constitué des écrans de divers formats dont le plus grand a seulement 20 cm. sur 25 cm.

Si, à la place de l'écran spécial, toutes conditions restant les mêmes, on dispose une plaque photographique, au-devant de laquelle on place un réseau ligné, à une distance convenable en rapport avec le caractère de celui-ci, on obtient un stéréogramme négatif dont on tirera une diapositive qui, observée à travers un réseau ligné de même caractère, présentera un relief accusé. C'est là un procédé pour obtenir des stéréogrammes en partant des vues stéréoscopiques qui conseille certains avantages. Il ne s'agissait plus d'aller se promener sur nature avec des appareils encombrants pour obtenir un stéréogramme de grand format, mais d'en faire dans l'atelier ou le laboratoire, à l'aide de vues stéréoscopiques ordinaires, un stéréogramme agrandi.

Enfin une conséquence immédiate de l'emploi de cet écran spécial est la projection de petits objets avec leur relief. Pour cela, à la place des images stéréoscopiques dont j'ai parlé, plaçons un objet éclairé et projetons sur l'écran les deux images données par deux objectifs obtenus, par exemple, en perçant deux trous dans une grande lentille, ces trous étant écartés de la distance pupillaire. Nous obtenons deux images stéréoscopiques de l'objet qui, observées à travers l'écran, le reproduisent avec ses dimensions.

Dans les dispositifs que j'ai indiqués on observe des images réelles, tandis que dans les stéréoscopes usuels on observait des images virtuelles.

En résumé, le dispositif précédent permet : 1<sup>o</sup> d'obtenir des stéréogrammes de grand format, en partant de vues stéréoscopiques ordinaires ; 2<sup>o</sup> de projeter les images stéréoscopiques, agrandies et avec le relief et aussi des images des objets opaques ; les images projetées pouvant être observées simultanément par plusieurs personnes.

# LA CHLOROPHYLLE

ET

## LE GÉLATINO-BROMURE D'ARGENT

Par A. L. DONNADIEU

---

Quel rôle faut-il attribuer à la chlorophylle dans la photographie du paysage ? Telle est la question que peut se poser l'opérateur lorsqu'il se trouve en face des résultats si différents enregistrés par la plaque photographique qu'impressionnent « les verdures ». La réponse est fournie par la discussion de toute une série de causes parmi lesquelles il semblera paradoxal d'écrire tout de suite que la chlorophylle n'est pas la principale. Je vais essayer de le démontrer.

Dans un récent mémoire sur la reproduction des verdures par la photographie (1), M. MONPILLARD a écrit « qu'il est possible d'obtenir un rendu satisfaisant des verdures d'un paysage en faisant simplement usage d'une plaque ordinaire, non orthochromatique, employée sans écran jaune ». Pour justifier cette affirmation, qui sera aussi la mienne, il invoque, tout à la fois, la luminosité toujours perfectionnée des objectifs, et le mélange, au vert chlorophyllien, de la lumière blanche réfléchie dans des conditions très variables.

De ces deux points de vue, le premier peut motiver certaines restrictions, et le second doit être accepté sous le bénéfice de la plus grande importance.

Tous ceux qui ont pratiqué le collodion à l'égard du paysage — je suppose qu'ils sont encore bien nombreux — et en particulier le collodion sec, savent avec quelle finesse de détails et quelles belles variations de tonalités la plaque enregistrait alors les nuages, les verdures et toutes les choses que le gélatino-bromure confond, le plus souvent, dans de grandes plaques noires. La raison de cette différence si bien caractérisée ? Personne ne l'a encore bien dite. Tout le monde constate le fait, et c'est tout... pour le moment.

Or, à l'époque dont je parle, les objectifs étaient bien loin d'être ce qu'ils sont devenus, très lumineux. Il n'est pas besoin de dire ce qu'était leur rapidité par rapport à celle des modernes constructions, et cependant les images qu'ils fournissaient étaient autrement brillantes, comme si elles avaient été autrement illuminées. Il semble donc que c'est surtout au gélatino-bromure qu'il faille s'en prendre, parce que c'est bien lui qui doit motiver les restrictions.

Que l'éclairage par l'objectif intervienne pour quelque chose, soit, admettons-le, mais à la condition d'ajouter « à cause du gélatino-bromure », et concluons que

(1) *Bulletin de la Société française de photographie*, 1905.

c'est le gélatino-bromure qui peut obliger à des artifices plus ou moins compliqués, et qui peut aussi soulever des difficultés que le collodion ne connaissait pas. Avec le collodion l'objectif peu lumineux donnait de très beaux résultats ; pour en donner, même de moins bons, il faut au gélatino-bromure des objectifs lumineux et, dans des cas plus particuliers, quelques pratiques de l'orthochromatisme, pour ne retenir que les conditions relatives à notre sujet plus spécial ici, la reproduction des verdures.

Si je pouvais encore disposer de tous mes moyens d'autrefois, je n'hésiterais pas à chercher, dans l'application des procédés orthochromatiques au collodion sec, une comparaison avec le gélatino-bromure, et je suis assuré que des surprises agréables ne manqueraient pas de se produire. Pour le moment, je me borne à constater que c'est le gélatino-bromure qu'il faut surtout incriminer dans ses difficultés par rapport aux verdures.

Mais, comme il n'en est pas moins vrai que ce n'est plus que du gélatino-bromure qu'il est question maintenant, c'est de lui seul que nous devons nous préoccuper, et c'est lui seul qu'il faut expliquer pour pouvoir l'améliorer.

C'est à ce titre qu'on peut accepter que la luminosité de l'objectif intervienne pour donner plus de brillant aux verdures et les mieux imprimer dans leurs meilleures valeurs.

\* \* \*

J'arrive maintenant à la question principale, celle du vert chlorophyllien et de la lumière réfléchie, qui constituent alors les deux faces sous lesquelles elle peut être examinée.

Il me serait impossible d'entrer ici dans les détails de la technique scientifique relative aux propriétés, à la constitution, à la nature et au rôle de la chlorophylle dans les végétaux. Des notions scientifiques si vastes, si complexes, et surtout, encore si indécises, qui se rapportent à la chlorophylle, je ne retiendrai que tout juste ce qui sera indispensable à expliquer son action photographique, et encore me bornerai-je aux plus classiques, à celles qui sont le plus généralement admises.

Le nombre des travaux relatifs à cet élément fondamental de la plante est considérable. Plusieurs auteurs, entre autres Tschirch et Marchlewsky, ont rempli des volumes avec la simple indication des publications qui s'y rapportent. A propos d'une seule de ses altérations, la chlorose, un auteur récent, J. A. Cl. Roux, a consacré près de 75 pages d'un gros volume de citations bibliographiques à l'énoncé des travaux particuliers à la chlorophylle, à sa constitution et à ses maladies. Encore a-t-il passé sous silence, dit-il, « les innombrables observations de détail consignées dans les procès-verbaux des séances savantes et dans les Annales, Revues, Bulletins ou journaux botaniques ». Ce qui ne l'empêche pas d'ajouter, à la suite des extraits ou commentaires qui font la grande valeur du livre : « que conclure de ces derniers travaux et de ce court aperçu historique, sinon que le doute et l'obscurité règnent encore sur la matière verte des plantes, malgré plus de mille travaux publiés déjà sur cette question ? »

PELLETIER et CAVENTOU, ceux-là mêmes qui, en 1820, découvraient la quinine, donnèrent les premiers ce nom de chlorophylle à la matière verte des végétaux. Pendant longtemps on la crut uniforme et on la donna même comme absolument caractéristique du végétal. En outre, on la disait uniquement formée de grains microscopiques et l'expression « grains de chlorophylle » est bien connue de tout le monde.

Mais, les chimistes et les physiologistes s'étant mis de la partie, on n'a pas tardé à découvrir que la chlorophylle, au lieu d'être une matière uniforme, présentait au contraire de très grandes variations. Plus de trente noms ont été donnés aux différents états sous lesquels l'analyse, le microscope, le spectroscope, etc., montraient le « vert végétal » et un chimiste spectrométrique est allé jusqu'à trouver six chlorophylles différentes dans une même plante. Comme cette plante était la luzerne (en latin *medicago*), il les a groupées sous ce nom général de *medicagophylles* et aussi *chloromedicagophylles*.

L'objectif photographique pourrait-il se reconnaître au milieu de toutes ces variations, alors qu'il a surtout devant lui les trois grandes séries fondamentales, vert (*chlorophylle*), jaune (*xantophylle*), rouge (*érythrophylle*) ? Il est permis d'en douter et c'est pourquoi, en attendant mieux, il semblera préférable de le mettre en face de la chlorophylle la plus simple possible, celle des anciens auteurs.

Celle-ci, sous forme de grains faits d'un protoplasme dans lequel se montrent, dit-on, des filaments qu'on appelle *chloroleucites* remplit les cellules de ce qu'on nommait autrefois le parenchyme végétal et qu'on dit maintenant le *mésophylle*. La feuille est composée de ce mésophylle soutenu par des nervures, qui ne sont qu'un pétiole ramifié et enveloppé dans une sorte de sac épidermique présentant deux faces dites, l'une supérieure, et l'autre inférieure.

Ce tout constitue cette partie de la feuille qu'on appelle le *limbe*. C'est la plus apparente et, sans contredit, la plus importante en photographie. Ses formes et sa disposition sont extrêmement variables, et le limbe se présente à l'objectif dans les situations les plus variées. C'est pour tout le monde ce qui est désigné par ce simple mot « feuille ». Les autres parties mieux appréciées par les botanistes, pétiole, gaine, stipules, etc... sont beaucoup plus accessoires pour les amis de la photographie, dont il faut nous préoccuper avant tout.

Le plan ci-dessus est le plan général d'une feuille normale, c'est-à-dire, de l'une de ces feuilles qui appartiennent à la plus grande majorité des végétaux. Les variations, plus ou moins exceptionnelles, peuvent porter successivement sur chacun des éléments qui viennent d'être indiqués, mais il est, dans l'ensemble, quelques détails qu'il est indispensable de discuter à cause, précisément, du rôle de chacun d'eux dans la photographie des feuilles.

Ces détails se rapportent à la disposition de la chlorophylle dans le parenchyme, et aux épidermes tant supérieurs qu'inférieurs.

\* \* \*

Qu'on la considère comme étant en grains, en grumeaux, en corpuscules, ou

en masses protoplasmiques ; qu'on dise ces masses uniformes ou variables dans leur constitution, peu importe pour ce qui fait ici l'objet de nos préoccupations, l'essentiel est de savoir comment la chlorophylle est arrangée dans la feuille, quelle est sa disposition dans le parenchyme.

On l'y trouve *toujours* enfermée dans de petits sacs dont les parois membranées sont très translucides et qu'on appelle des cellules. Jamais la chlorophylle n'est répandue indifféremment dans le parenchyme, elle y est, sans exception, emprisonnée dans ces sacs cellulaires qui en sont plus ou moins remplis.

Les cellules à chlorophylle, comme on les désigne, ont des formes variables. Les unes, plus ou moins cylindriques, ou en fuseau, sont assez régulières. Elles peuvent être serrées les unes contre les autres de manière à ne pas laisser d'intervalle entre elles. Elles forment alors une véritable muraille, ou une palissade, quelquefois (très souvent même) à plusieurs assises superposées. De là le nom de cellules muriformes, ou cellules en palissade (tissu en palissade), qui leur a été donné. Ces cellules, qui sont généralement gorgées de chlorophylle, sont groupées vers la partie supérieure de la feuille où elles forment un épais tapis chlorophyllien qui donne à la face supérieure le vert sombre caractéristique que l'objectif apprécie très bien.

Les autres sont de forme irrégulière. Ce sont des sacs à prolongements plus ou moins ramifiés dont les branches se relient les unes aux autres en laissant entre elles des espaces ou lacunes occupés par les gaz ou par l'air qui circulent dans la feuille en dehors des canaux spéciaux. Dans ces cellules, qui sont situées vers la partie inférieure de la feuille, où elles forment ce qu'on appelle le parenchyme lacuneux, la chlorophylle est très disséminée. Le sac n'en est pas rempli comme dans le cas précédent, elle y est, pour ainsi dire, clairsemée. De là, l'aspect beaucoup plus pâle du vert chlorophyllien quand la feuille se présente devant l'objectif par sa face inférieure.

Or, il est le plus normal, que, dans tous les paysages, l'objectif voit presque autant de feuilles par la face inférieure que ce qu'il en enregistre par la face supérieure.

Si, dans chacun de ces deux cas, l'objectif photographique fournit des résultats différents, cela ne tient donc pas à l'actinisme spécial du vert chlorophyllien, à l'action de ses radiations propres, puisque l'action spectrale de ces radiations est identique dans les deux cas, mais cela tient au groupement de la matière qui constitue ce vert, et à son mélange avec des éléments étrangers.

Il me semble qu'il peut donc bien être nettement établi ce premier point qui consiste à dire : Ce n'est pas toujours, et seulement par son action spectrale, par son actinisme spécial, par ses radiations propres de vert, que la chlorophylle agit photographiquement, c'est aussi par d'autres conditions.

Une autre considération pourrait encore nous conduire aux mêmes conséquences, mais celle-ci est de valeur beaucoup moindre et elle est, en outre, un peu plus problématique ; je ne la cite que pour parer d'avance à des objections possibles.

Je veux parler de ce qu'on a appelé les mouvements chlorophylliens, les déplacements de la chlorophylle.

D'après certains observateurs ce déplacement, remarqué dans des conditions

spéciales, et peut-être difficilement applicables aux cas généraux, se produirait sous l'influence de l'action solaire. Une insolation, variant avec les heures de la journée, et très forte à certaines heures aussi bien qu'à certaines saisons, déterminerait les grains chlorophylliens du protoplasme à se mettre à l'ombre les uns des autres. Au lieu d'occuper de front la face antérieure de la cellule exposée à la lumière, ils viendraient se ranger en file indienne le long de la face latérale, laissant le premier de la série, le moins alerte probablement, seul exposé au soleil. Devrait-il en résulter une différence de coloration de la feuille, appréciable en photographie ?

Ceci ne paraît guère probable, attendu que, dans ce cas, la feuille paraissant moins verte, par suite du recul de la chlorophylle dans ses cellules, s'impressionnerait moins énergiquement, tandis que c'est tout le contraire. Il n'est personne qui ne sache que plus une feuille est insolée, plus elle est éclairée, et plus son impression photographique est énergique.

Ici encore les notions relatives à la chlorophylle seraient en désaccord avec l'impression du vert végétal, et nous serions conduits à admettre que la chlorophylle n'est pas le seul agent de cette impression. C'est ce qu'exprime M. MONPILLARD quand il dit : « Mais, ces radiations vertes, ainsi réfléchies par la chlorophylle de nos végétaux, sont-elles absolument pures ? » et qu'il répond ensuite : « Evidemment non ».

Qu'y a-t-il donc pour tant modifier l'action spectrale de la chlorophylle ? Il y a ce que je considère comme étant le plus fondamental dans la reproduction du paysage, *la réflexion de la lumière sur les épidermes des feuilles*. Je vais essayer de le faire comprendre.

\*\*\*

« Enfin, a dit M. MONPILLARD, de quoi dépendent les diverses tonalités des verdure de végétaux d'essences différentes, si ce n'est de la quantité plus ou moins grande de chlorophylle contenue dans leurs feuilles ? » Un peu plus loin il parle de « la sensation d'un vert clair dû aux feuilles peu riches en chlorophylle » et de la sensation « d'un vert plus sombre, c'est-à-dire, plus saturé ».

Je ne serais pas complètement de cet avis, mais j'ajoute : au point de vue photographique. J'ai fait remarquer que les cellules en palissades sont gorgées de chlorophylle et qu'elles constituent ainsi le vert le plus sombre de la feuille. Or, ces cellules manquent dans des feuilles que chacun sait venir bien noires dans le positif, par exemple les pins, certains monocotylédones, les plantes aquatiques, etc.

Si les premières viennent ainsi, malgré qu'elles ne présentent pas à l'objectif une face gorgée de chlorophylle, cela ne peut être expliqué que parce que leur forme cylindrique (aciculaire) ou leur situation verticale ne réfléchissent pas la lumière de la même manière que le limbe aplati et plus ou moins horizontal de toutes les autres feuilles. La chlorophylle, espacée uniformément dans ces feuilles,

ne joue donc, une fois de plus, que le rôle secondaire qui va ressortir des explications subséquentes.

D'autre part, qu'on photographie à l'ombre les plantes de grande plaine, et en pleine lumière les plantes de sous-bois, on renversera complètement leurs valeurs. Les premières, très insolées, ont moins de chlorophylle et paraissent à l'œil plus claires que les secondes qui, quoique presque jamais insolées, renferment beaucoup plus de chlorophylle et nous paraissent plus sombres. En les plaçant dans des conditions inverses d'éclairage l'objectif les transpose, si on peut dire ainsi, et prouve, une fois de plus, que l'actinisme de la chlorophylle n'est que très secondaire. Ce qui est le plus important c'est l'éclairage des surfaces, c'est-à-dire, je le répète avec insistance, la réflexion de la lumière sur les épidermes.

C'est, à un autre point de vue, l'action de ces *radiations résiduelles* que M. MONPILLARD invoque pour expliquer l'inégalité de l'absorption de la chlorophylle à leur égard, quand il dit que l'utilisation de ces radiations peut expliquer les différentes tonalités des verdures obtenues avec une plaque non orthochromatique, et quand il ajoute : « sans pour cela que la coloration même de celles-ci agisse en aucune façon ».

L'épiderme qui enveloppe complètement la feuille est appelé, suivant sa situation, supérieur et inférieur. Il est constitué par des cellules dites tabulaires (en formes de tables ou de dalles) qui, translucides, forment une membrane transparente à travers laquelle on voit la chlorophylle. Ce point est fondamental.

Dans les plantes dites « toujours vertes » à feuilles persistantes, les choses demeurent ainsi pendant toute la vie de la feuille. Dans les autres, celles qu'on appelle aussi « changeantes » à feuilles caduques, l'épiderme ne demeure transparent et ne laisse voir la chlorophylle que pendant la première période de végétation, la végétation printanière. Puis, à mesure que l'automne s'approche, les cellules épidermiques se remplissent d'une matière colorée, d'un *pigment*, tantôt en dissolution, tantôt en éléments figurés, qui ne tarde pas à changer de couleur, donnant à la feuille ses teintes automnales de jaune et de rouge si caractéristiques, si harmonieuses en photographie et recherchées, avec tant de raison, par les amis du « beau cliché ».

Ceux qui savent laisser passer le « vert d'épinards » du printemps, pour attendre les teintes variées de l'automne, se félicitent de reculer à temps la photographie du paysage. Ils le reproduisent au moment où le pigment de l'épiderme enlève à la membrane d'enveloppe sa transparence et forme un véritable rideau qui cache la chlorophylle et qui agit seul sur l'objectif. C'est le bon moment.

Ceci démontre, une fois de plus, que si la chlorophylle agissait seule, sans être atténuee par quelque élément surajouté, l'impression serait rigoureusement uniforme et l'orthochromatisme serait indispensable. Mais, l'épiderme est là pour amener des réflexions variées dont l'orthochromatisme chlorophyllien n'a que faire et les résultats sont tout différents.

Dans la plus grande majorité des cas, l'épiderme inférieur est criblé d'ouvertures microscopiques qu'on appelle *stomates*, sortes de petites bouches par lesquelles se font, entre la feuille et l'extérieur, les échanges gazeux dont le lieu

principal est la partie lacuneuse, c'est-à-dire, la partie la plus claire du parenchyme foliaire. On les compte par millions sur certaines feuilles.

Quelques plantes, vivant aux dépens de beaucoup d'humidité, ou d'autres présentant un limbe vertical et par cela même moins exposé à l'action desséchante du soleil, sont bi-stomatées, elles ont des stomates sur les deux épidermes, D'autres encore, qui flottent sur l'eau, n'ont de stomates qu'à la face supérieure ; enfin les feuilles complètement immergées n'en ont pas du tout. La traduction photographique dans ces cas divers peut varier beaucoup.

La question des stomates serait très secondaire, j'en conviens, si à ces organes ne se joignaient pas, *le plus généralement*, des poils destinés, par leur importance et par leur abondance, à retarder très variablement l'évaporation par la feuille, c'est-à-dire, le dessèchement de la plante. Au point de vue qui nous occupe, ces poils qui ne sont qu'une dépendance de l'épiderme et une simple modification de ses cellules, jouent le rôle le plus important, celui sur lequel j'attire le plus l'attention maintenant.

(*A suivre*).

(Extrait della Memorie della Pontificia Academia Romana dei Nuovi Lincei, vol. XXII.)

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

### *Photographie des protubérances solaires avec des écrans colorés dans l'éclipse du 30 août 1905.*

Nous nous sommes proposés de faire des photographies spéciales des protubérances solaires et de la couronne intérieure, pendant la dernière éclipse totale, en filtrant la lumière solaire avec des écrans colorés qui absorbent toutes les radiations gazeuses permanentes des protubérances, suivant la méthode indiquée par l'un de nous (*Comptes rendus*, même tome, p. 741). Le but principal de la recherche était de reconnaître si les protubérances contiennent des particules lumineuses mêlées aux gaz et vapeurs.

Les épreuves solaires devaient être à grande échelle de manière à donner avec détails les protubérances et les parties voisines de la couronne et à permettre une comparaison précise de leurs intensités avec ou sans écran.

Au début, nous avons été embarrassés pour réaliser ce programme ; car les grands objectifs photographiques de l'Observatoire de Meudon avaient été retenus par la mission que le Directeur, M. JANSSEN, devait conduire en Espagne. Heureusement, le dépôt de la Guerre, grâce à l'intervention aimable du commandant BOURGEOIS, chef du Service géodésique, a pu mettre à notre disposition une lunette photographique, qui avait été organisée, en 1874, pour le passage de Vénus sur le Soleil et qui comprenait un objectif photographique de Prazmowski de 0 m. 12 d'ouverture et 2 m. 80 de distance focale.

L'objectif a été utilisé de la manière suivante : son image directe a été reprise et agrandie par un autre objectif simple (de 0 m. 28 de distance focale et 0 m. 06 d'ouverture), de manière que l'image finale eût 70 mm. de diamètre. Un agrandissement plus grand aurait entraîné une augmentation de la pose déjà notable avec les écrans colorés très absorbants. Le second objectif était mobile aisément du dehors dans le sens de l'axe de la lunette, ce qui facilitait les changements de mise au point nécessités par l'emploi de radiations différentes pour les épreuves successives.

La lunette ainsi constituée n'avait pas plus de 4 m. de long et était très maniable. Elle aurait pu facilement être fixée à un support d'équatorial ; mais on a jugé préférable de la laisser horizontale et de la relier à un cœlostat muni de deux miroirs plans. L'un des miroirs, large de 0 m. 50, fournissait la lumière à un grand appareil placé à l'ouest du méridien et destiné à la mesure du rayonnement calorifique de la couronne. L'autre miroir, de 0 m. 30, envoyait la lumière à la chambre photographique de 4 m. situé à l'est.

Les écrans colorés étaient de trois sortes :

- 1<sup>o</sup> Un écran vert transparent de 505 à 580 ;
- 2<sup>o</sup> Un écran vert notamment plus clair, transparent, de 500 à 580, qui, de même que le précédent, avait son maximum de transparence pour la radiation 530 et absorbait toutes les radiations gazeuses permanentes des protubérances ;
- 3<sup>o</sup> Un écran jaune, transparent pour le rouge, l'orange et le jaune.

Les deux premiers écrans devaient fournir, avec des plaques ortho-chromatiques, les épreuves spéciales nécessaires à la recherche ; le troisième donnait les images avec les rayons du spectre de longueur d'onde supérieure à 500. Enfin, sans aucun écran et avec les plaques ordinaires, on avait les images des rayons de longueur d'onde inférieure à 500.

Les écrans, qui avaient été fabriqués par M. Monpillard, étaient placés, soit devant la plaque photographique, soit derrière la seconde lentille, dans le plan de l'anneau oculaire. Ils étaient fixés à des cadres mobiles de manière à pouvoir être retirés et mis en place rapidement.

Le tableau suivant indique les épreuves successives qui étaient projetées avec l'indication des écrans, des plaques et des temps de pose (1).

NUMÉRO DE L'ÉPREUVE	AVEC OU SANS ÉCRAN	NATURE DE LA PLAQUE	TEMPS DE POSE
No 1	Sans.	Lumière jaune.	3 s.
No 2	Vert n° 2.	Otto Perutz Ortho.	10
No 3	Sans.	Lumière jaune.	10
No 4	Vert n° 2.	Otto Perutz Ortho.	20
No 5	Id.	Id.	30
No 6	Vert n° 1.	Id.	30
No 7	Jaune.	Id.	10

Ce programme n'a pu être rempli que partiellement ; car les nuages couvraient le ciel au moment de la totalité. Le deuxième et le troisième contacts n'ont pas été visibles ; heureusement une petite éclaircie d'une minute s'est produite dans l'intervalle et a permis de faire les épreuves n°s 4 et 5. Il avait été convenu d'ailleurs que, en cas de mauvais temps, on s'occuperaient uniquement des épreuves avec écran vert, en sacrifiant au besoin les épreuves ordinaires, qui sont toujours très nombreuses dans les éclipses, et pouvaient être demandées aux autres missions.

L'épreuve n° 4 est belle et riche en détails ; elle est plus intense que l'épreuve n° 5, dont la pose a été plus longue ; mais déjà, pour cette dernière, les nuages opaques étaient revenus.

Ces épreuves avec écran ont été comparées à de très belles épreuves ordinaires sans écrans, obtenues 9 minutes après par M. de LA BAUME PLUVINEL à Alcalà de Chisvert, et elles ont donné des résultats fort intéressants. (Voir la note de M. DESLANDRES, *Comptes rendus*, même tome, p. 745.)

Les écrans colorés, qui sont appliqués pour la première fois à l'étude des protubérances solaires et de leurs particules liquides ou solides, sont à recommander dans les éclipses futures d'autant que leur manœuvre n'entraîne pas de bien grandes complications.

(Communication de MM. H. DESLANDRES et G. BLUM à l'Académie des Sciences, 2 avril 1906).

(1) Les plaques étaient placées dans 7 châssis différents à rideaux et pour plaques de 24 cm.  $\times$  24, qui appartiennent à la collection de l'Observatoire.

La manœuvre des châssis et des rideaux faisait perdre un temps notable ; mais la dépense d'un appareil à escamotage avait été jugée trop forte.

L'accès de la lumière aux plaques était réglé par un obturateur Guerry, dont le volet était situé dans le plan focal du grand objectif. L'opérateur, qui tenait à la main la poire en caoutchouc de l'obturateur, ouvrait le volet dès que les vibrations, dues à la manœuvre du châssis, étaient éteintes.

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

