

## 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](#))
- 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 passible 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	
	<a href="#">Première année (Avril 1904 - Mars 1905)</a>
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	<a href="#">[Deuxième année (Avril 1905 - Mars 1906)]</a>
	<a href="#">[Troisième année (Avril 1906 - Décembre 1906)]</a>

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	<a href="#">[Deuxième année (Avril 1905 - Mars 1906)]</a>
Adresse	[Paris] : [Charles Mendel],[1905-1906]
Nombre de vues	426
Cote	CNAM-BIB P 987 (2)
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?P987.2">https://cnum.cnam.fr/redir?P987.2</a>



K11

110

REVUE DES SCIENCES  
PHOTOGRAPHIQUES

1190 - man. 90



# THEORIE GEOMETRIQUE DE LA STEREOPHOTOGRAPHIE

## EXPOSÉ DE LA THÉORIE

PRISE DU NÉGATIF. — Pendant l'obtention à la chambre noire du phototype les choses se passent comme l'indique la 1<sup>re</sup> figure, où  $O$ ,  $O'$  sont les objectifs et  $PP'$  la plaque sensible. Un point situé à l'infini dans la direction  $I$  forme ses deux images en  $R$ ,  $R'$ , points qui sont entre eux à une distance  $RR' = OO' = CC'$  égale à celle qui sépare les objectifs et à celle qui sépare les centres  $C$ ,  $C'$  des deux épreuves sur le phototype ; cette distance entre objectifs nous l'appellerons  $S$ , et nommerons  $F$  celle qui sépare les objectifs de la plaque.

Mais un point  $P$ , situé à une distance finie  $D$  du plan des objectifs, forme ses images en deux points  $Q$  et  $Q'$  dont la séparation n'est plus égale à  $S$ . Nous avons dans la figure, supposant que  $OH$  est la parallèle à  $PQ'$  tracée par  $O$  :

$$QQ' = QH + HQ'$$

mais les triangles égaux  $COH$  et  $C'O'Q'$  nous donnent

$$CH = C'Q'$$

donc, remarquant que nous avons  $HQ' = OO' = S$ , il résulte :

$$QQ' = S + QH;$$

$$QH = CQ + C'Q'$$

$$QQ' = S + CQ + C'Q' = S + e$$

si nous appelons  $e$  la distance  $QH$ .

Les triangles  $QOH$  et  $OPC'$  nous donnent :

$$\frac{QH}{OC} = \frac{OO'}{PG}$$

ou bien :

$$\frac{e}{F} = \frac{S}{D} \quad (1)$$

donc  $e$  croît quand  $D$  diminue ;  $e$  est nulle quand  $D$  est infinie, comme cela devait être.

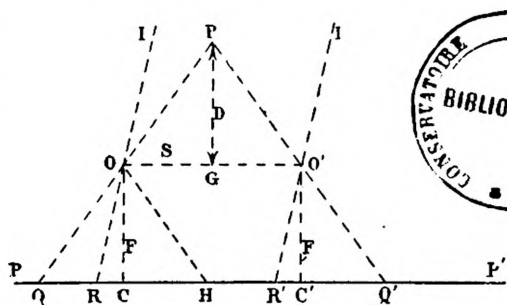


Fig. 1



RECONSTITUTION DU RELIEF. — En regardant dans le stéréoscope les deux photographies (faites déjà la transposition nécessaire), nous avons la disposition que l'on voit dans la 2<sup>e</sup> figure; YY' sont les centres optiques du système formé par

les yeux et les lentilles du stéréoscope, MM' est la plaque positive, et nous allons appeler : L la distance des yeux ; V la distance des centres optiques cités à la plaque ; E l'écartement des centres C<sub>1</sub>C'<sub>1</sub> des photographies, que nous allons supposer qui ne soit pas égale à la séparation des yeux.

Les images du point considéré viendront en Q<sub>1</sub>Q'<sub>1</sub> et comme nous supposons que le stéréoscope est à *lentilles*, ce qui est le cas pratique pour l'amateur, et *non à prismes*, cas dans lequel il y aurait déviation des rayons lumineux, ces rayons Q<sub>1</sub>Y et Q'<sub>1</sub>Y' vont frapper la rétine dans leur même direction (étant donné que YY' sont les centres optiques des yeux et lentilles), et le cerveau reconstituera le point considéré dans T qui est l'intersection des directions dans lesquelles les yeux sont frappés.

Appelant *d* la distance de cet objet T reconstitué au plan des yeux YY' nous aurons dans les triangles semblables Q<sub>1</sub>TQ'<sub>1</sub> et YTY' la relation :

$$\frac{Q_1Q'_1}{YY'} = \frac{TU}{TZ},$$

soit :

$$\frac{Q_1Q'_1}{L} = \frac{d-V}{d}$$

et considérant que :

$$Q_1Q'_1 = C_1C'_1 - (C_1Q_1 + C'_1Q'_1) = E - (C_1Q_1 + C'_1Q'_1)$$

nous aurons

$$\frac{E - (C_1Q_1 + C'_1Q'_1)}{L} = \frac{d-V}{d} \quad (2).$$

Supposons, pour plus de généralité, que les photographies ne soient pas tirées par contact, mais en agrandissant *n* fois les phototypes. Si *n* = 1, nous aurons le cas du tirage à égale dimension ou par contact, et si *n* est moindre de l'unité, les épreuves seront réduites. Alors les dimensions C<sub>1</sub>Q<sub>1</sub> et C'<sub>1</sub>Q'<sub>1</sub> de la fig. 2 seront égales à *n* fois les longueurs CQ et C'Q' de la 1<sup>re</sup> figure et il en résulte :

$$C_1Q_1 + C'_1Q'_1 = n \times CQ + n \times C'Q' = n(CQ + C'Q') = n \times e$$

et par la formule (1) :

$$e = \frac{SF}{D},$$

Donc :

$$C_1 Q_1 + C_1' Q_1' = n \frac{SF}{D}$$

et substituant dans la formule (2) nous aurons enfin :

$$\frac{E - n \frac{SF}{D}}{L} = \frac{d - V}{d}$$

équation de laquelle on peut tirer la valeur de  $d$ , et il en résulte :

$$d = \frac{LV}{L - E + n \frac{SF}{D}} = \frac{DLV}{D(L - E) + nSF} \quad (3).$$

C'est la formule qui donne  $d$ , distance à laquelle apparaît la reconstitution d'un point dont la distance au plan des objectifs était  $D$ .

CONSÉQUENCES DE LA FORMULE QUI LIE  $D$  ET  $d$ . — Nous allons étudier comment varie  $d$  quand  $D$  varie, et pour faire cette étude nous allons considérer trois cas :

1<sup>er</sup> CAS. — La distance entre les centres des images positives est égale à la séparation des yeux.  $E = L$ .

Dans ce cas la formule (3) nous donne :

$$d = \frac{DLV}{nSF}$$

et nous voyons que  $d$  est proportionnelle à  $D$ . Si nous prenons deux axes perpendiculaires et nous faisons un graphique en prenant, à partir d'un point  $o$ , sur un des axes les distances  $D$  et élevant des perpendiculaires égales à la valeur de  $d$  correspondante nous obtiendrons la représentation graphique de la loi de variation de  $d$  et il résultera une droite qui passe par l'intersection des deux axes, comme l'on voit dans la figure 3.

Moins inclinée sera cette droite, moindre sera  $d$  pour une valeur donnée de  $D$ , donc les points paraîtront plus rapprochés des yeux, en conservant toujours leurs profondeurs proportionnelles à celles de la nature. L'infini paraîtra se reconstituer aussi à l'infini, car la formule :

$$d = \frac{DLV}{nSF}$$

nous donne  $d = \infty$  pour  $D = \infty$ .

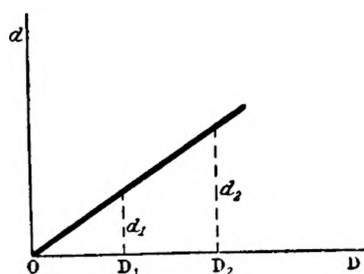


Fig. 3.  
(1<sup>er</sup> cas :  $E = L$ )

Plus rapprochés seront les objets et plus le relief s'imposera, car les profondeurs apparentes, tout en restant proportionnelles à celles de l'original, sont plus appréciables à l'œil quand elles en sont plus voisines; une différence de profondeur entre deux objets de 1 mètre par exemple, est plus marquée pour les yeux si ces deux objets sont à deux mètres de ceux-ci que si les objets sont à 100 mètres de distance. Donc, pour augmenter l'effet stéréoscopique il convient que  $d$  soit le moindre possible, c'est-à-dire [et dans la formule on le voit facilement] qu'il faut faire  $nSF$  les plus grandes possibles, et la plus petite possible  $V$ , toutes choses que l'on peut facilement vérifier pratiquement.

2<sup>e</sup> CAS. — La distance des centres des photogrammes est majeure de celle qui sépare les yeux.  $E > L$ .

La formule (3), mise sous la forme :

$$d = \frac{LV}{n \frac{SF}{D} - (E-L)}$$

nous fait voir que quand  $D$  croît il arrive un moment où le dénominateur de  $d$  est zéro et  $d$  partant est infini; ça résultera quand :

$$D(E-L) = nSF, \quad \text{ou } D = \frac{nSF}{E-L};$$

donc les points situés à cette distance des objectifs paraîtront dans le stéréoscope à une distance infinie. Les valeurs de  $D$  majeures de celle-ci donneront pour  $d$  des valeurs négatives; que veut dire ça ? que pour ces points (fig. 2) les points  $Q_1, Q'_1$  seront plus séparés que les yeux et les rayons visuels  $YQ_1$  et  $Y'Q'_1$  ne concourront plus en  $T$ , mais en un point situé sur la figure en dessous de  $YY'$  c'est-à-dire derrière les yeux; donc il n'y aura pas de reconstitution possible et le phénomène vulgairement appelé *ne pas pouvoir superposer les deux épreuves* se produira.

Pour les valeurs de  $D$  moindres de cette valeur critique  $d$  sera positif et la formule (3) donne  $d = 0$  pour  $D = 0$ . Nous aurons la loi de variation représentée graphiquement par la fig. 4 où l'on aperçoit les circonstances indiquées.

De ce qui précède nous pouvons conclure que le cas où  $E > L$  n'est pas admissible car il conduit à des résultats tels qu'il y a des points qui ne peuvent être reconstitués et que des points situés à distance finie :

$$D = \frac{nSF}{E-L}$$

semblent dans le stéréoscope situés à l'infini et l'effet se trouve faussé ou empêché de se produire.

3<sup>e</sup> CAS. — C'est celui où  $L > E$ , c'est-à-dire les épreuves, sont moins séparés que les yeux. Notre formule (3) donne facilement les résultats suivants : pour  $D = 0$ ,  $d = 0$ ; mais pour  $D = \infty$  il résulte :

$$d = \frac{LV}{L-E},$$





*Conséquences de cette étude.* — Nous en déduisons les corollaires suivants :

- I. Seulement quand  $L = E$  croît  $d$  proportionnellement à  $D$ .
- II. On ne doit pas faire  $E > L$ , jamais dans la pratique courante.
- III. Il convient de prendre  $L = E$ , c'est-à-dire *séparer les épreuves stéréoscopiques (de centre à centre) la même distance des yeux*.

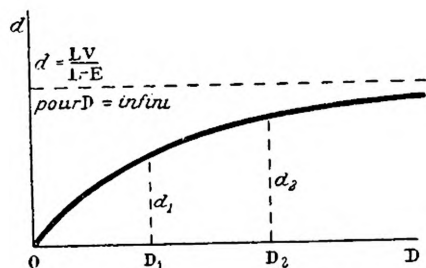


Fig. 5.  
(3<sup>e</sup> cas :  $E < L$ )

Car, le cas où  $L > E$ , outre les inconvénients cités à cet autre : que les épreuves ont forcément une largeur moindre et si celle-ci est petite, il faut amplifier beaucoup l'image par les lentilles du stéréoscope, et le grain du stéréogramme se fait plus sensible.

Une expérience facile à faire est celle de prendre deux épreuves sur papier, séparées, non collées, et les éloigner ou rapprocher l'une de l'autre. En les éloignant on voit les objets sembler s'éloigner aussi

des yeux et il arrivera un moment où la superposition cesse d'être possible ( $L > E$ ), comme l'indique la théorie.

### EFFET PSEUDOSCOPIQUE

Supposons que l'on n'a pas fait l'inversion des deux stéréogrammes. Alors au lieu de la disposition de la figure 2<sup>e</sup>, nous aurons celle indiquée dans la 6<sup>e</sup>, et conservons encore les mêmes notations. En faisant un calcul analogue on aura :

$$Q_1Q'_1 = C_1C'_1 + (C'_1Q'_1 + C_1Q_1) = E + ne = E + n \frac{SF}{D}$$

y par les mêmes triangles  $TQ_1Q'_1$  et  $TYT'$  on a :

$$\frac{E + n \frac{SF}{D}}{L} = \frac{d - V}{d}$$

d'où l'on déduit :

$$d = \frac{LV}{(L - E) - n \frac{SF}{D}}$$

et dans cette formule on voit que si  $D$  croît  $d$  décroît ; donc les points plus lointains nous sembleront dans le stéréoscope plus rapprochés et l'effet sera pseudoscopique.

Nous voyons là une *preuve complète* qui nous montre que la véritable cause du relief est purement géométrique car dans ce cas la forme des objets, leur dia-

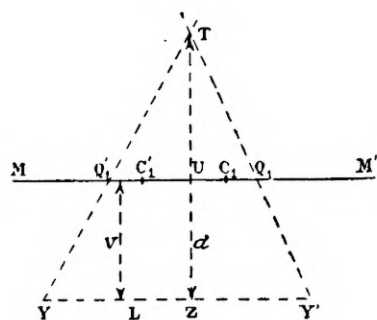


Fig. 6.

mètre apparent, la perspective aérienne, l'éducation de l'œil, toutes ces causes auxquelles on a attribué à tort le relief sont d'accord pour nous faire apparaître l'effet stéréoscopique, et seulement la géométrie nous *oblige* à placer l'objet reconstitué dans l'intersection des deux rayons visuels et l'expérience est là pour décider la véritable cause et elle en donne la raison à ceux qui soutiennent que la véritable cause est géométrique. Il faut à ce moment se rappeler ce que M. Abel BUGUET disait dans l'*Annuaire général et international de la Photographie* des années 1902 et 1903, où il écrivait sur ce point ces paroles : « Pour y avoir beaucoup médité, je crois que la lumière nous viendra du côté de la géométrie » ; et il avait mille fois raison !

### APPLICATIONS PRATIQUES

Nous diviserons cette partie de notre étude en deux parties : ce sont les deux cas où l'on veut un relief maximum ou celui où l'on veut le relief vrai. Commençons par celui-ci.

*1<sup>er</sup> cas. On désire le relief vrai.* — Il est clair que, dans ce cas, il faut faire en sorte que  $D=d$ . Cela ne peut pas se vérifier dans les deux cas où  $E>L$  ou  $E<L$  car alors  $D$  n'est pas proportionnel à  $d$ . Donc, il faut faire  $E=L$  c'est-à-dire, espacer les centres des épreuves une distance égale à celle des yeux. En remarquant que dans ce cas il résultait :

$$d = \frac{DLV}{nSF}$$

pour faire  $d=D$  il faudra que :

$$\frac{LV}{nSF} = 1$$

Donc, si cette condition est remplie, les objets seront reconstitués à la même distance qui les séparait des objectifs. De cette formule on déduit :

$$S = \frac{LV}{nF} \quad \text{ou} \quad n = \frac{LV}{SF} \quad \text{ou} \quad V = \frac{nSF}{L} \text{ etc.}$$

suivant que l'on désire faire varier l'une ou l'autre de ces dimensions ou grandeurs.

On aperçoit qu'il n'est pas nécessaire de faire la séparation des objectifs égale à celle des yeux ; cette condition est néanmoins citée par divers auteurs comme nécessaire et elle ne l'est pas. Il suffit que la condition :

$$S = \frac{LV}{nF}$$

soit remplie. Si  $S$  est moindre de cette valeur, le relief sera moindre que dans la nature ; et il sera plus grand dans le cas contraire.

VÉRASCOPE. — Dans cet appareil si répandu, non seulement  $L = E$ , mais en plus  $L = E = S$ , et  $n = 1$  car les positifs sont tirés en égale grandeur. La formule devient dans ce cas :

$$d = \frac{DV}{F}$$

donc, pour que le relief soit le véritable il faudra que  $d = D$  ou que  $V = F$ , donc, il faut que *la longueur focale des objectifs soit égale à la distance du stéréogramme sur verre au centre optique du système formé par les yeux et les lentilles du stéréoscope.*

2° cas. *On veut obtenir le relief maximum.* — Commençons par rappeler que M. CAZES dans une étude sur la « Stéréoscopie de précision » indique une formule laquelle est :

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{d+p} = \frac{1}{K}$$

$d$  étant la distance sur laquelle l'œil accommode, et  $d + p$  celle jusqu'à laquelle il voit net au même moment;  $K$  est une constante qui d'après ses expériences vaut  $3^m 30$ ; plus simplement,  $p$  est la profondeur de champ de l'œil quand il regarde à la distance  $d$ . Rappelons aussi que le même savant a montré (démonstration que nous ne répéterons pas ici pour abréger cette étude) que pour avoir le relief maximum au stéréoscope il faut que l'objet plus proche et le plus éloigné se reconstituent à des distances telles qu'elles vérifient la formule ci-dessus. Appliquons cette théorie à la formule (3), et nous diviserons encore en deux cas : objets de profondeur infinie ou finie.

A. *Reproduction d'objets de profondeur infinie.* — C'est le cas du paysage, du panorama, et des vues marines. Dans ce cas l'objet photographié a ses points les plus éloignés à l'infini et les plus voisins de l'objectif à une distance que nous appellerons  $H$ . Comme l'infini se reconstitue à l'infini, dans la formule de Cazes  $d + p$  est infini donc :

$$\frac{1}{d+p} = 0$$

et alors pour avoir le relief maximum il faut que :

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{K} = \frac{1}{3^m,30}$$

et il faudra que les objets les plus rapprochés se reconstituent à la distance  $3^m 30$  des yeux. Nous devons rappeler que c'est un résultat déjà obtenu par M. Cazes, avec sa théorie. Appliquant la formule (3) nous aurons :

$$3^m,30 = \frac{HLV}{nSF}$$

D'où nous tirons la valeur :

$$S = \frac{H L V}{n F \times 3^m,30}$$

que nous donne la séparation qu'il faut donner aux objectifs. Nous voyons qu'elle est proportionnelle à  $H$ , distance du premier plan aux objectifs, règle empirique connue il y a déjà beaucoup d'années.

*Séparation d'objectifs à adapter sur une machine donnée.* — La plus grande profondeur qu'un objet puisse avoir est celle comprise entre l'infini et la distance hyperfocale des objectifs employés, et il faut que dans ce cas où la profondeur est la plus grande possible, l'objet reconstitué occupe aussi la plus grande profondeur. Il faudra donc faire dans la dernière formule obtenue  $H$  égale à la distance hyperfocale, qui vaut (netteté de 1/10 de millimètre) :

$$10.000 F^2 \times \frac{1}{m}$$

$\frac{F}{m}$  étant le plus grand diaphragme possible ou la plus grande ouverture utile. Il résulte donc :

$$S = \frac{10.000 F^2 \times V \frac{1}{m} \times L}{n \times F \times 3^m,30} = \frac{10.00 FLV}{m n \times 3^m,30}$$

et elle est proportionnelle à la longueur focale  $F$  de l'objectif ; comme la grandeur de plaque est proportionnelle aussi à  $F$  il résulte que  $S$  est proportionnelle aussi au format adopté et il est facile de se rappeler que les fabricants d'appareils disposent toujours les objectifs vis-à-vis le centre des plaques pour avoir la confirmation de cette théorie.

*B. Reproduction d'objets de profondeur finie.* — Soient  $D_1$  et  $D_2$  les distances des objectifs aux plans premiers et aux plus éloignés de l'objet à reproduire. Supposant (comme nous avons montré qu'il est nécessaire) que  $E = L$  nous avons pour distances des yeux aux reconstitutions de ces plans celles-ci (données par la formule (3) ci-dessus) :

$$d_1 = D_1 \frac{LV}{nSF} \quad \text{et} \quad d_2 = D_2 \frac{LV}{nSF}$$

et ces distances  $d_1$  et  $d_2$  doivent vérifier la relation de Cazes, donc, nous aurons :

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} = \frac{1}{3^m,30}$$

où soit :

$$\frac{nSF}{D_1 LV} - \frac{nSF}{D_2 LV} = \frac{1}{3^m,30}$$

Ou bien :

$$\frac{nSF}{LV} \left( \frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_2} \right) = \frac{1}{3^m,30}$$

ou :

$$\frac{nSF (D_2 - D_1)}{LV \times D_1 D_2} = \frac{1}{3^m,30}$$

de laquelle on déduit :

$$S = \frac{LVD_1 D_2}{nF (D_2 - D_1) 3^m,30}, \quad (a)$$

Si nous divisons numérateur et dénominateur par  $D_2$  nous aurons :

$$S = \frac{LVD_1}{nF \times 3^m,30 \left( 1 - \frac{1}{D_2} \right)}$$

et si  $D_2$  est infini résultera :

$$S = \frac{LVD_1}{nF \times 3^m,30}$$

qui est la formule déjà obtenue dans le cas où la profondeur devient infinie, sauf que  $D_1$  était appelé dans elle H.

Pour chaque machine et chaque stéréoscope, la quantité :

$$\frac{LV}{nF \times 3^m,30}$$

est une constante C que nous pouvons calculer. Alors on aura, si les objets ont une profondeur infinie  $S = CD_1$  et si la profondeur est finie :

$$S = C \frac{D_1 D_2}{D_2 - D_1}$$

et nous recommandons beaucoup à chaque amateur de construire pour leur usage personnel une table pour avoir toutes calculées les valeurs de S dans ces deux cas. Et à l'aide de cette table il saura immédiatement en chaque cas quelle est la séparation qu'il doit adopter pour avoir le relief maximum.

On voit dans la formule :

$$S = \frac{CD_1 D_2}{D_2 - D_1}$$

que S croît avec  $D_1 D_2$  c'est-à-dire quand les objets sont plus éloignés, et décroît avec  $D_2 - D_1$  c'est-à-dire moins profonds sont les objets, plus grande doit être la séparation des objectifs.

Cette table pourra être très utile à l'amateur quand il photographie des paysages, panoramas, etc.

REMARQUE. — Les formules (3) et (1) nous donnent :

$$d = \frac{LV}{L - E \times ne}$$

et nous aurons :

$$\frac{1}{d} = \frac{L - E + ne}{LV};$$

$d_1$  et  $d_2$  étant les distances aux plans reconstitués plus proches et plus lointains, nous aurons :

$$\frac{1}{d_1} = \frac{L - E}{LV} + \frac{ne_1}{LV} \quad \text{et} \quad \frac{1}{d_2} = \frac{L - E}{LV} + \frac{ne_2}{LV}$$

et la condition de CAZES nous donne :

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} = \frac{1}{3^m,30}$$

et substituant :

$$\frac{ne_1}{LV} - \frac{ne_2}{LV} = \frac{1}{3^m,30} \quad \text{ou} \quad \frac{n}{LV}(e_1 - e_2) = \frac{1}{3^m,30} \quad \text{ou} \quad e_1 - e_2 = \frac{LV}{n \times 3^m,30} \quad (b)$$

et comme  $S + e_1$  est la distance entre les images (sur le phototype) du plan plus rapproché de l'objet à reproduire et  $S + e_2$  celle au plan le plus éloigné si  $e_1 - e_2$  est constante comme indique la formule (b),  $S + e_1 - (S + e_2)$  qui lui est égal le sera aussi, donc : la condition de CAZES équivaut à la suivante : pour avoir le relief maximum il faut que la différence des distances, sur le phototype, entre les images du point le plus rapproché et entre celles du point le plus éloigné, soit constante.

## CONCLUSION

Le patient lecteur qui nous aura suivi jusqu'au bout de cette étude aura remarqué que dans celle-ci nous n'avons envisagé que le cas simple où les deux stéréotypes sont pris sur une plaque, sur un même plan, et dans lequel les images sont regardées dans un stéréoscope à lentilles ; c'est le cas usuel de l'amateur. Dans les cas plus compliqués où les axes optiques ne sont parallèles, mais on les fait converger en prenant le phototype ; ou le stéréoscope soit à prismes, miroirs, etc., qui dévient les rayons visuels ; etc., je ne crois très difficile de parvenir à établir des formules analogues à celles obtenues dans le cas étudié ici.

PABLO FERNANDEZ QUINTANA.

Madrid, le 22 décembre 1904.



# DE L'ACTION DE QUELQUES AGENTS CHIMIQUES

## SUR LES COUCHES PHOTOGRAPHIQUES

Par Karl SCHAUM et Wilhelm BRAUN

---

Au cours de recherches ayant pour but de systématiser l'action de différents agents chimiques sur les surfaces sensibles (1), nous avons jugé indispensable d'étudier de plus près l'action de quelques substances. Nous donnons ci-dessous un résumé de ces recherches.

### A. — GAZ ET VAPEURS

1) *Ozone*. — L'action de l'ozone sur le gélatino-bromure a été étudiée par L. GRAETZ (2), P. VILLARD (3), et O. DONY-HENAULT (4). Ces auteurs sont arrivés à cette conclusion que l'ozone, à l'état pur, n'a d'action sur le gélatino-bromure d'argent qu'autant que des matières organiques se trouvent dans le voisinage de la couche sensible. Ce résultat ne nous paraît pas bien compréhensible, car le gélatino-bromure d'argent lui-même contient des substances organiques et le voisinage de matières organiques comme le papier, le liège, le caoutchouc, ne nous semble pas apporter d'importantes modifications aux propriétés du système. Nos expériences nous ont démontré que l'action de l'ozone rend la couche de gélatino-bromure d'argent seule susceptible d'être développée, de plus les couches sans substratum sont attaquées aussi très fortement par l'ozone : la question se présente donc, à notre avis, sous un nouveau jour. Les explications de O. DONY-HENAULT, qui attribuent l'action de l'ozone à l'oxydation des matières organiques produite par le peroxyde d'hydrogène contenu dans l'ozone nous semblent devoir être rejetées complètement ; nous croyons plus facilement que l'ozone agit directement sur le bromure d'argent. Cette action peut être : 1° une action purement chimique : formation d'un peroxyde d'argent, d'un composé oxydé de bromure, etc. (Voir *Zeitschrift für Wissenschaftliche Photographie*, p. 206).

2° Une action des ions : décharge des ions argent par les ions gaz, etc. (V. *Zeitschrift f. Wiss. Phot.*, p. 209).

(1) K. SCHAUM, Versuch einer systematik, etc. *Zeitschrift für Wissenschaftliche Photographie, Photophysik und Photochemie*, II, p. 205 (1904).

(2) *Phys. Zeitschr.*, IV, p. 272 (1903).

(3) *Bulletin Société française de physique*, 1902, n° 175.

(4) *Phys. Zeitschr.*, IV, p. 416 (1903).



L'existence des ions (ions gaz ou électrons) dans l'ozone a été démontrée par F. RICHARZ et ses collaborateurs (1); mais l'ozone fraîchement préparé et dans lequel la concentration des ions est excessivement réduite, ont l'un comme l'autre une action très prononcée et l'action principale qui se manifeste est dans tous les cas une action purement chimique. Mais comme d'après P. VILLARD l'ozone agit sur la plaque à travers une feuille d'aluminium, une action concomitante des ions (électrons) paraît ici vraisemblable. Nous procédons à de plus amples recherches dans cette voie.

EXPÉRIENCES. — Les plaques ont été soumises à un courant d'ozone dans l'appareil Berthelot; la couche était partiellement protégée contre le courant de gaz par une plaque en verre comprimé perforée. Les résultats sont reproduits dans le tableau ci-dessous :

A. Couche sans agglutinant.

3 minutes d'exposition : Impression très marquée au développement.

5 minutes d'exposition : Image directe visible à la lumière rouge augmentant d'intensité à la lumière du jour et s'inversant ensuite.

B. Gelatino-bromure d'argent

10 secondes d'exposition : Impression très marquée au développement.

1 minute d'exposition : Noircissement visible à la lumière rouge, progressant à la lumière du jour et s'inversant ensuite.

45 minutes d'exposition : Les parties de la couche qui sont protégées par le verre et auxquelles l'ozone ne parvient que par diffusion noircissent le plus fortement dans le bain de développement; même renversement de l'image par solarisation.

II) *Peroxyde d'hydrogène*. — L'action du peroxyde d'hydrogène ou de ses vapeurs (ses émanations) sur la plaque sensible a été étudiée pour la première fois par J. RUSSEL (2). RUSSEL a trouvé que les vapeurs du peroxyde d'hydrogène en solution à 10-6 % ont une action encore très prononcée avec une exposition de plusieurs heures. Cette action peut, comme l'ozone, être :

1° Une action purement chimique (formation d'un peroxyde d'argent, etc.);

2° Une action des ions (décharge des ions argents, etc.).

La concomitance de l'action des ions paraît vraisemblable, car L. GRAETZ (3) dans ses intéressantes recherches sur l'action photographique du peroxyde d'hydrogène a trouvé que ce produit agit sur la plaque sensible à travers une feuille d'aluminium. Mais l'action de ces émanations est tellement particulière que la présence des électrons ou ions gaz paraît encore très problématique. K. SCHAUUM (4) n'a pu déterminer clairement le phénomène de radiation des vapeurs de peroxyde d'hydrogène, même en catalysant le peroxyde au moyen de noir de platine, mais par contre dans ce dernier cas il a observé une très grande conductibilité de

(1) R. v. HELMHOLTZ, u F. RICHARZ. *Wied. Ann.*, 40, 161 (1890). — A. UHRIG, Dissertation Marburg, 1903; F. RICHARZ, u. R. SCHENCK, *Sitzungsber Akad Berlin*, 1903, p. 4102.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 64, p. 409 (1899).

(3) *Phys. Zeitschr.*, 4, p. 160, 271 (1902-1903).

(4) *Marburger Sitzungsberichte*, 1902, p. 415. Voyez aussi : F. RICHARZ, und R. VON HELMHOLTZ (l. c.).

l'oxygène dégagé. R. F. d'ARCY (1) a observé une légère ionisation des vapeurs de peroxyde. Cette question demande toutefois à être encore étudiée de plus près.

EXPÉRIENCES. — Les plaques sont exposées à 1 cm. de la surface du liquide. La sensibilité du gélatino-bromure d'argent est, comme dans les expériences avec l'ozone, beaucoup plus prononcée que celle des couches sans agglutinant. Avec une exposition prolongée on peut observer un noircissement direct qui se renverse ensuite. La température a une grande influence sur cette action du peroxyde d'hydrogène. GRAETZ a trouvé que les émanations de ce produit agissaient plus fortement sur la plaque sensible à basse température qu'à haute température. Dans nos expériences nous avons trouvé que cette influence de la température était plus complexe encore. Nous avons placé sur les plaques soumises aux vapeurs de peroxyde un récipient à fond plat, verre à boire ou cuvette en laiton rempli d'eau froide à 0° ou d'eau chauffée à 60° et maintenue constamment à cette température par un courant d'eau chaude. Avec une série de plusieurs expériences et en prolongeant le temps de pose jusqu'à 20 minutes, nous avons trouvé que la chaleur n'avait aucune influence sur la plaque. A 0° l'action du peroxyde demeure à peu près la même et change à mesure que l'on élève la température jusqu'au point où elle atteint un maximum et tombe subitement. A 60° l'action est assez prononcée, elle augmente à mesure que la température s'abaisse, atteint un maximum puis baisse de nouveau, ce que montrent assez clairement les fig. 2 et 4. Si on place au dos de la plaque deux récipients, remplis l'un avec de l'eau à 0° et l'autre avec de l'eau chaude on obtient les résultats que montrent les fig. 5a et 5b. La ligne isotherme, dans le voisinage du récipient d'eau chaude, est particulièrement bien marquée. Il serait difficile de donner une explication complète de l'apparition de ces images et nous en entreprenons une étude plus approfondie.

III) *Vapeurs de certains liquides et solutions.* — Les vapeurs des liquides et solutions qui suivent ont une action très prononcée sur les plaques photographiques; cette action a été étudiée par différents auteurs et à différentes époques.

a) Essence de térébenthine, essence de lavande, et autres similaires.

b) Ether éthylique, alcool méthylique;

c) Solution de peroxyde de soude, solution de persulfate d'ammoniaque.

L'action de ces produits peut être :

1° Une action purement chimique : action de l'ozone (a), du peroxyde d'hydrogène (b et c), ou autre par oxydation lente du produit en dissolution (b);

2° Action des ions (électrons) de l'ozone naissant ou de l'ozone se décomposant (a) action des ions (b, c) dans le peroxyde d'hydrogène, action des ions résultant de l'oxydation lente (b).

RICHAZ et ses collaborateurs ont démontré que l'oxydation lente de l'éther éthylique et de l'alcool méthylique produisait des ions à un grand degré de concentration; ils ont en outre trouvé que les vapeurs de ces produits mélangées à l'air atmosphérique produisaient à un degré très prononcé le phénomène des

(1) *Phil. Mag.* (6), 3, p. 47 (1902).

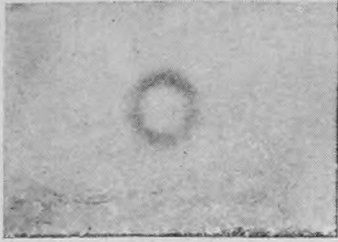


FIG. 1.

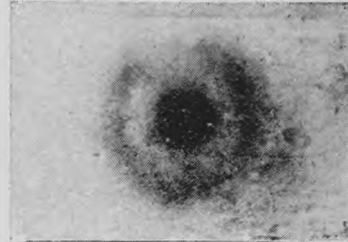


FIG. 2.

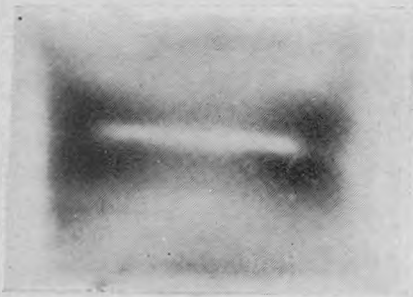


FIG. 3.

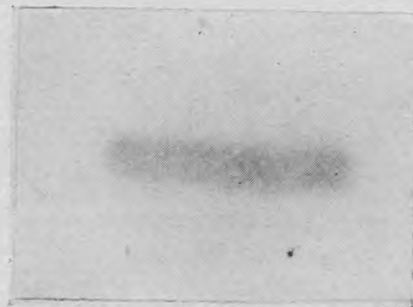


FIG. 4.

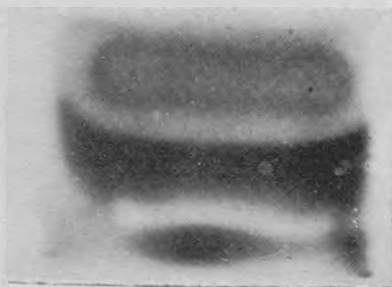


FIG. 5. *a*

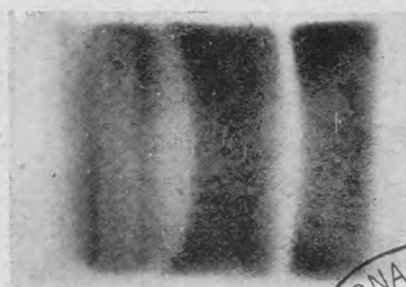


FIG. 5. *b*





radiations gazeuses et possédaient une conductibilité très élevée. Nous avons fait l'expérience suivante : une plaque sensible placée sur un verre à boire contenant de l'éther, nous avons constaté que l'action des vapeurs était beaucoup plus forte en dehors de la périphérie du verre, là où par conséquent les vapeurs du produit se trouvaient mélangées avec l'oxygène de l'air. Mais si l'éther était déjà ancien, contenant par conséquent une plus grande quantité de peroxyde d'hydrogène, il faudrait au contraire s'attendre à ce que l'action soit plus marquée dans la partie de la plaque exposée aux vapeurs d'éther, plus concentrée, à l'intérieur du verre par conséquent et non plus en dehors là où la vapeur d'éther ne parvient plus que par diffusion. Il est très possible que les ions jouent ici un certain rôle et donnent à cette action une énergie plus grande.

L'alcool éthylique, et l'acétone à l'état pur n'ont aucune influence sur la plaque sensible, on peut même prolonger le développement pendant des journées entières sans constater aucun changement.

#### B. — LIQUIDES ET SOLUTIONS

Nous voulons tout simplement dire que les solutions, les liquides dont les vapeurs ont une action sur le gélatino-bromure, agissent eux-mêmes très énergiquement sur la préparation sensible. On constate fréquemment des renversements de l'image produite : on notera un noircissement au bout de quelques instants d'exposition, plus aucune trace d'image avec une exposition plus prolongée et finalement un nouveau noircissement de la couche si l'exposition est plus prolongée encore.

Les substances dont les vapeurs n'ont aucune action sur la couche sensible sont également inertes à l'état liquide.

(Marburg, a. L. 4 juillet 1904).

Traduit de *Zeitschrift für Wissenschaftliche Photographie, Photophysik, Photochemie*, II, p. 285 à 290 (Septembre 1904).

---

# SUR L'ALTÉRATION DES RÉVÉLATEURS AU DIAMIDOPHÉNOL ET LEUR CONSERVATION

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ

Les propriétés révélatrices remarquables du diamidophénol, notamment sa grande énergie réductrice et son pouvoir développeur en l'absence d'alcali ont permis, comme on le sait, de généraliser son emploi.

Malgré la facilité avec laquelle on peut préparer ce révélateur au moment de s'en servir, son utilisation pratique ne s'est pas généralisée autant qu'on était en droit de le supposer, par suite de ce fait qu'il perd assez rapidement son énergie réductrice (1).

Dans la présente étude, nous nous sommes proposés de déterminer les causes d'altération des révélateurs au diamidophénol et de rechercher les moyens de conserver ces solutions développeuses.

On a cru jusqu'ici que la plus importante de ces causes consistait dans la facilité avec laquelle les solutions diluées de sulfite de soude absorbent l'oxygène de l'air. On peut, en effet, supposer que le sulfite de soude jouant le rôle d'alcali dans le révélateur, celui-ci perd son pouvoir développeur dès que le corps fonctionnant comme alcali ne possède plus cette propriété.

On peut également supposer que la coloration jaune, puis brune, puis rouge, que prend la solution à mesure que ses propriétés réductrices diminuent, est due à l'oxydation progressive du diamidophénol par suite de la destruction du sulfite de soude.

Nous avons reconnu que cette hypothèse généralement admise est inexacte et que l'altération des révélateurs au diamidophénol n'est pas due à la destruction du sulfite de soude, mais à l'oxydation à l'air du diamidophénol, qui est seulement retardée, mais non pas empêchée par la présence du sulfite.

Si l'on dose, en effet, la quantité de sulfite de soude que renferme un révélateur normal au diamidophénol ayant la composition suivante :

Eau . . . . .	4000 cc.
Diamidophénol . . . . .	5 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	30 —

(1) La rapidité avec laquelle se produit cette diminution du pouvoir réducteur variant avec la température du liquide, il est impossible de fixer le temps exact après lequel un révélateur normal au diamidophénol devient inutilisable. Néanmoins, on constate expérimentalement que si l'on conserve ce révélateur dans un flacon d'un litre à goulot étroit, non bouché et à moitié plein, à la température de 17° environ, son pouvoir développeur décroît petit à petit pour devenir nul après vingt jours environ.



lorsqu'il a perdu sensiblement toute propriété réductrice et que la solution est colorée en rouge foncé, on constate qu'il renferme encore 75 0/0 de la quantité primitive de sulfite, quantité bien suffisante pour permettre d'obtenir, avec un révélateur fraîchement préparé, une énergie réductrice très voisine de celle du révélateur normal.

On constate d'autre part que si l'on ajoute de nouveau du sulfite de soude dans la solution épuisée, on n'augmente pas sensiblement ses propriétés réductrices, tandis que le révélateur reprend son énergie primitive dès qu'on l'additionne de la quantité initiale de chlorhydrate de diamidophénol. C'est donc bien la destruction du diamidophénol qui paraît causer la perte de l'énergie développatrice.

Afin de reconnaître si cette destruction provient d'une oxydation due à l'absorption de l'oxygène de l'air, nous avons rempli de révélateur normal un flacon de 1 litre bouché hermétiquement et paraffiné et nous l'avons abandonné pendant un an environ. Il nous a été ainsi possible de constater que, dans ces conditions, le révélateur ne se colore que très faiblement en jaune et que son énergie réductrice n'a pas diminué notablement après une aussi longue conservation. On peut également retarder de beaucoup l'altération d'un révélateur au diamidophénol placé dans un flacon non bouché en le recouvrant d'une couche de ligroïne ou de pétrole qui empêche l'accès de l'air. C'est donc bien l'oxygène de l'air qui produit cette altération.

*Influence de la quantité de sulfite de soude.* — Comme le sulfite de soude retarde notablement l'oxydation à l'air du chlorhydrate de diamidophénol, nous avons recherché si, en augmentant la quantité de sulfite dans le révélateur, on ne peut pas prolonger la durée de sa conservation. Dans ce but, on a comparé la conservation d'un développeur normal avec celle d'une solution renfermant la même proportion de diamidophénol, mais des quantités de sulfite plus faibles que la quantité normale, ou croissantes jusqu'à la saturation. Les solutions renfermaient 5 gr. de diamidophénol par litre et les quantités suivantes de sulfite de soude :

N° 1 Solution de diamidophénol sans sulfite.			
N° 2	—	+	4 gr. sulfite anhydre par litre.
N° 3	—	+	2 — — —
N° 4	—	+	5 — — —
N° 5	—	+	10 — — —
N° 6	—	+	15 — — —
N° 7	—	+	30 — — —
N° 8	—	+	50 — — —
N° 9	—	+	75 — — —
N° 10	—	+	100 — — —
N° 11	—	+	150 — — —
N° 12	—	+	200 — — —
N° 13	—	+	250 — — —

Les solutions ont été abandonnées dans des flacons de 1 litre non bouchés, et on les a maintenus à la même température. On a constaté que jusqu'à la teneur de 3 0/0 la solution se colore d'autant moins rapidement qu'elle renferme plus de

sulfite, mais au delà de cette teneur, la coloration au bout du même temps devient d'autant plus intense qu'il y a plus de sulfite. Avec la solution n° 13, qui est saturée, la coloration augmente beaucoup plus rapidement qu'avec les autres. Elle se dégrade depuis la surface du liquide jusqu'au fond, ce qui indique que l'absorption d'oxygène par la surface a lieu plus rapidement que la diffusion du liquide oxydé, dans la couche inférieure de la solution. Si l'altération du révélateur au diamidophénol était due à l'oxydation du sulfite de soude, on aurait observé l'inverse de ce qui s'est passé : non seulement la proportion de sulfite étant plus grande, les solutions concentrées en auraient conservé plus longtemps la quantité nécessaire pour éviter l'oxydation, mais la solution étant plus riche en sulfite aurait dû s'oxyder plus lentement. Nous avons montré, en effet, dans une étude antérieure (1) que les solutions de sulfite de soude absorbent d'autant plus lentement l'oxygène de l'air qu'elles sont plus concentrées.

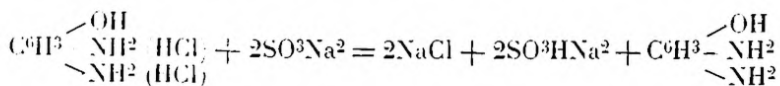
#### CONSERVATION DES SOLUTIONS CONCENTRÉES DE DIAMIDOPHÉNOL ET DE SULFITE DE SOUDE

Nous avons recherché la possibilité d'augmenter la durée de conservation du révélateur au diamidophénol en augmentant à la fois sa teneur en diamidophénol et sa teneur en sulfite de soude.

On a, dans ce but, ajouté à une solution saturée de sulfite de soude anhydre (250 gr. par litre) la quantité correspondante de diamidophénol (40 gr. par litre) de façon à pouvoir préparer la solution normale en étendant la solution concentrée de 7 fois son volume d'eau.

Dans ces conditions, même en flacons bien bouchés, la solution noircit beaucoup plus rapidement que le révélateur normal conservé ainsi, et il se forme au bout de peu de temps un précipité brun cristallin qui augmente lentement.

On peut expliquer facilement pourquoi plus les solutions sont riches en sulfite, plus elles s'oxydent rapidement à l'air, pour la même teneur en diamidophénol. On peut supposer en effet, que le sulfite est d'abord employé pour libérer la base du chlorhydrate de diamidophénol d'après l'équation suivante :



Le calcul effectué d'après l'équation précédente montre que pour 5 grammes de chlorhydrate de diamidophénol que renferme un litre de révélateur, il faut 6 gr. 3 de sulfite de soude anhydre.

Au delà de cette quantité théorique de sulfite il y a lieu de tenir compte, en outre, du pouvoir réducteur de ce corps, de la réaction alcaline qu'il communique à la solution et qui croît avec la proportion de sulfite. L'alcalinité favorisant, comme

(1) *Bulletin de la Société française de photographie*, mai 1904, p. 226.



on le sait, l'oxydation des phénols et des amines, il est probable que cette réaction contrebalancera l'action réductrice à partir d'une certaine teneur en sulfite de la solution de diamidophénol.

D'autre part, la diminution d'énergie réductrice des solutions concentrées de diamidophénol dans la solution saturée de sulfite conservés en flacons pleins et bouchés, et la formation d'un abondant précipité cristallin peuvent s'expliquer par ce fait que le diamidophénol (base) est très peu soluble dans la solution saturée de sulfite. On peut supposer que ce corps très altérable se précipite et diminue ainsi notablement l'énergie réductrice de la solution.

### CONCLUSIONS

On peut tirer de l'étude précédente les conclusions suivantes :

1° L'altération des révélateurs au diamidophénol n'est pas due à l'oxydation du sulfite de soude, mais à celle du diamidophénol, le sulfite s'oxydant beaucoup moins en présence du diamidophénol qu'en simple solution aqueuse.

2° L'excès de sulfite sur la quantité normale entrant dans le révélateur, non seulement ne retarde pas l'oxydation du diamidophénol, mais contribue même à l'accélérer.

3° Les solutions concentrées à la fois en diamidophénol et en sulfite s'oxydent plus facilement que la solution normale et ne peuvent se conserver même en flacons pleins et bouchés, par suite de la précipitation de leur diamidophénol.

4° Par contre, on peut conserver sans altération appréciable pendant un temps très long, le révélateur normal dans un flacon plein et bien bouché.

---

# RÉACTIONS DE L'ACIDE CHROMIQUE ET DES CHROMATES

## SUR LES SUBSTANCES ORGANIQUES

AU POINT DE VUE DE LEUR UTILISATION PHOTOGRAPHIQUE

Par le Docteur J.-M. EDER

---

Ce mémoire, bien qu'assez ancien (il fut publié en 1878 dans les *Comptes Rendus* de l'Académie des Sciences de Vienne et dans le *Photographische Correspondenz*), est encore, à l'heure actuelle, l'étude la plus complète qui ait été faite des propriétés des colloïdes bichromatés ; tous les procédés de photographie industrielle étant, dans une large mesure, basés sur ces réactions, nous avons cru intéressant de faire traduire ce travail, jamais encore publié en France, et de le mettre sous les yeux des lecteurs du *Procédé*, sous une forme aussi condensée que possible.

### INTRODUCTION

Il est assez difficile de contrôler chimiquement les réactions de l'acide chromique et de ses sels sur la gélatine, l'albumine, la gomme et le sucre, par suite de l'incertitude sur la constitution de ces substances organiques et de leurs produits de décomposition ; on peut cependant obtenir des indications utiles, riches en conséquences pratiques, par l'examen des phases successives de la réaction et l'étude des produits résultants ; dans toutes ces recherches, on a mené de front les expériences photographiques et les analyses chimiques.

La propriété que présentent les chromates, et surtout les bichromates, d'être réduits par la lumière en présence de diverses substances organiques, a reçu en photographie pratique, et particulièrement dans les procédés industriels, un très grand nombre d'applications. Ces applications peuvent se diviser en deux groupes, suivant le rôle joué par les différents produits de la réaction dans la formation de l'image.

Le premier groupe, de beaucoup le moins important au point de vue pratique, comprend les procédés de tirage dans lesquels l'image est formée par les produits de décomposition du chromate, sans qu'intervienne effectivement la matière organique employée. Poxtou constata le premier qu'un papier imprégné de bichromate de potassium ( $\text{Cr}^2\text{O}_7\text{K}^2$ ) et exposé à la lumière sous un négatif, donne une image brun pâle formée de bioxyde de chrome ( $\text{CrO}_2$ ), qui vire progressivement au vert par lavages, et ce d'autant plus rapidement que l'eau est plus alcaline ou plus calcaire, par dédoublement du bioxyde de chrome en acide chromique et hydrate de chrome  $[\text{3CrO}_2 = \text{CrO}_3 \times \text{Cr}^2\text{O}_2]$  qui reste seul en fin d'opérations ; on a proposé

divers modes d'utilisation de cette image, en la renforçant, avant décomposition complète du bioxyde de chrome, par divers sels métalliques (nitrates d'argent, de plomb ou nitrate mercurieux), mais les images rouges ou jaunes ainsi obtenues ne présentent aucune stabilité ; plus intéressante serait l'utilisation de l'hydrate de chrome, restant après lavages, comme mordant pour la teinture à l'alizarine et à divers autres colorants, permettant l'exécution d'images photographiques sur étoffes teintes dans le fibre. On peut à bon droit s'étonner que la phototeinture ne soit pas appliquée industriellement à l'heure actuelle.

Bien autrement importants sont les procédés utilisant les modifications physiques (solubilité, perméabilité, etc.), subies par la substance organique sous l'influence de la lumière, en présence du chromate, procédés qui constituent le deuxième groupe et comprennent notamment les tirages sur papiers pigmentaires, dits au charbon, la phototypie, les procédés à l'albumine ou à l'émail utilisés en photogravure, la photocéramique, etc. ; ce n'est plus ici un composé du chrome qui constitue essentiellement l'image, mais la substance organique modifiée. Nous avons donc à étudier les modifications subies par la nature organique et le rôle joué par l'oxyde de chrome dans la formation de l'image. L'opinion la plus généralement admise est celle énoncée jadis par Swan et suivant laquelle la substance organique modifiée renfermerait l'oxyde de chrome à l'état de constituant normal ; suivant Lemling et Liesegang, au contraire, la substance organique modifiée ne serait qu'un produit d'oxydation de la substance primitive, à laquelle l'oxyde de chrome serait incorporé, mais non combiné chimiquement.

### PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DE LA GÉLATINE

On désigne sous le nom de gélatines, sans distinction de provenance, les diverses variétés de colles fortes pures qui doivent être subdivisées en *glutines*, colles de peaux, colles d'os et colles de poisson, et *chondrines*, colles de cartilages. Les propriétés d'une gélatine commerciale varient beaucoup suivant que la glutine ou la chondrine y sont en proportion prédominante ; les gélatines pour usages photographiques sont presque exclusivement constituées de glutine, sans cependant que l'on puisse trouver commercialement de la glutine ou de la chondrine à l'état pur.

Divers réactifs chimiques permettent de différencier la glutine de la chondrine : les aluns, l'acétate de plomb, le sulfate ferrique précipitent en effet la chondrine. En ajoutant une solution saturée d'alun ordinaire ou d'alun de chrome à une solution à 10 % de la gélatine à essayer, maintenue tiède, la solution prend en gelée presque immédiatement, bien qu'encore chaude, et le tube peut être retourné sans que son contenu se renverse, si la gélatine renferme une notable proportion de chondrine.

Quand il n'en sera pas autrement spécifié, les remarques suivantes s'appliquent aussi bien aux gélatines riches en chondrine qu'aux gélatines riches en glutine.

La gélatine est très hygroscopique ; séchée à l'air, elle renferme encore de 15 à 20 % d'eau qui ne peut être enlevée que par dessiccation à l'étuve à 120° C. Dans l'eau froide, elle se gonfle et donne une masse élastique transparente qui

occupe de 6 à 8 fois le volume de la masse sèche ; le poids d'eau ainsi absorbée par unité de poids de la gélatine est très variable ; il est, dans une certaine mesure, caractéristique de ses qualités ; les qualités photographiques abandonnées dans l'eau à 15° jusqu'à saturation absorbent de 5 à 10 fois leur poids d'eau. Si la température de l'eau est abaissée, 2° à 5° C., le gonflement est beaucoup plus lent et le poids d'eau absorbée à saturation est moins grand ; aussi nombre d'auteurs, parmi lesquels Talbot, Sawyer, Liesegang, Liebert, ont-ils recommandé l'addition de glace aux bains sensibilisateurs des papiers au charbon lorsque, la température étant trop élevée, la pellicule de gélatine risque de se dissoudre ou de se ramollir dans le bain de chromate dont la température ne doit pas dépasser 15°.

La gélatine se dissout plus ou moins facilement dans l'eau tiède ou chaude ; la dissolution est d'autant plus rapide que la gélatine a été maintenue plus longtemps dans l'eau froide ; si on l'a laissée gonfler jusqu'à saturation, on peut la dissoudre au bain-marie à 30° ou 35° après avoir rejeté l'excès d'eau, la quantité d'eau absorbée étant suffisante pour la dissolution ; les gélatines fondant vers 25° dans l'eau qu'elles ont absorbée à 15° ne sont pas d'assez bonne qualité pour les usages photographiques ; une bonne gélatine ne doit pas en effet fondre, dans ces conditions, à moins de 30° C. ; de même, on devra rejeter les variétés de gélatine qui, même après un séjour prolongé dans l'eau froide, ne fondent que lentement vers 40° ou même exigent une élévation de température allant jusqu'à 60°.

De ce fait, on peut tirer quelques conclusions pratiques pour l'emploi des papiers gélatinés : en particulier, un papier dont la gélatine est imprégnée de la solution de bichromate ne devra pas être séché à une température dépassant, ni même atteignant 25° C. La gélatine, saturée d'eau, puis exprimée de façon à la débarrasser par pression d'une notable proportion de l'excès d'eau absorbée, ne fondant qu'à une température plus élevée, il est avantageux notamment par temps chaud de suivre le conseil donné par de nombreux auteurs qui recommandent d'appliquer le papier gélatiné sur une glace au sortir du bain sensibilisateur et de passer au dos une raclette pour chasser le plus possible du liquide absorbé ; la pellicule de gélatine peut ainsi supporter sans accident une élévation de température qui, faute de cette précaution, aurait provoqué sa fusion.

Suivant la plus ou moins grande dureté de la gélatine employée, il suffit d'une teneur de  $1\frac{1}{2}$  % à 1 % de gélatine pour qu'une solution de gélatine se prenne en gelée par refroidissement, mais les solutions concentrées font prise beaucoup plus rapidement que les solutions étendues ; ce fait est à considérer quand on étend de la gélatine sur du verre ou sur du papier, le séchage ne pouvant commencer qu'après que la gélatine a fait prise ; aussi pour les opérations photographiques dissout-on généralement la gélatine dans la quantité d'eau qu'elle a pu absorber à froid.

Par ébullition prolongée, les solutions gélatineuses perdent la propriété de se prendre en gelée par refroidissement ; c'est là une cause assez fréquente de défauts dans la fabrication des gélatines communes, le manufacturier se trouvant dans l'alternative ou de cuire longuement les matières premières pour accroître le rendement aux dépens de la qualité, ou d'écourter la cuisson pour conserver une bonne qualité, en sacrifiant une quantité appréciable de produit. Une gélatine

cuite pendant longtemps fond à plus basse température, donne des gelées sans consistance, et se dissout beaucoup plus rapidement et à plus basse température; aussi ne peut-on l'utiliser en photographie industrielle. Il est même à recommander de ne jamais porter à 100°, ni à plus forte raison au delà, et de ne maintenir en fusion que pendant le temps strictement nécessaire, les solutions de gélatine destinées au procédé au charbon ou à la phototypie. Au cours d'une ébullition prolongée, la constitution intime de la gélatine se modifie, quatre molécules de gélatine s'unissant probablement à une molécule d'eau.

Les additions d'acides acétique ou nitrique ou de chlorure de zinc empêchent aussi la prise en gelée; on utilise, d'ailleurs, ces propriétés dans la préparation des « colles fortes à froid », l'acide acétique étant en ce cas à préférer comme conservant le mieux les propriétés adhésives; l'addition de ces agents aux solutions de gélatine pour usages photographiques est, évidemment, à éviter, puisque la solution s'écoulerait des supports sans y faire prise; la gélatine se dissout même à froid dans l'acide acétique, aussi facilement que la gomme arabique dans l'eau; peut-être pourrait-on ainsi aider au dépouillement des papiers pigmentaires à la gélatine bichromatée, les régions non isolées se dissolvant les premières dans ces conditions, les acides chlorhydrique, sulfurique et oxalique en solutions étendues ont un effet analogue; il est à remarquer que les images pigmentaires dépouillées à froid dans ces bains acides, présentent des contrastes exagérés et manquent absolument de détails; aussi emploie-t-on exclusivement, dans la pratique, le dépouillement à l'eau tiède, d'ailleurs plus rapide; on a, cependant, utilisé jadis ce fait pour le dépouillement d'images en relief destinées à fournir, par moulage, des clichés photographiques.

Il est intéressant de connaître l'action de diverses solutions salines concentrées sur la gélatine. Les carbonates alcalins, le sel de seignette, un grand nombre de sulfates facilitent la coagulation de la gélatine: l'un ne précipite que les gélatines riches en chondrine, mais il agit aussi sur les gélatines formées surtout de glutine pour faciliter leur prise et les durcir; les chlorures et les azotates sont, généralement, sans action. Les alcalis caustiques désagrègent la gélatine et la transforment en produits solubles de couleur brune; l'ammoniaque n'a que très peu d'action.

Les solutions gélatineuses se putréfient rapidement; elles se fluidifient progressivement et dégagent une odeur ammoniacale; aux températures de 25° à 30° la putréfaction est particulièrement rapide et manifeste déjà pleinement ses effets au bout de 48 heures; l'addition d'acide phénique, en quantité minime, s'oppose à la putréfaction; son emploi pourrait donc être conseillé dans le cas de dessiccations lentes et par temps chauds; mais le phénol agit sur les bichromates et tend à les réduire spontanément, l'oxyde de chrome, résultant de cette réduction, insolubilisant la gélatine, l'emploi d'acide phénique est à éviter dans les préparations de gélatine destinées à être sensibilisées au bichromate; l'acide salicylique est à préférer pour cet usage; son action antiseptique est également très marquée; l'un agit de façon analogue quoique à un degré bien moindre; on en ajoute couramment aux colles pour les empêcher de se putréfier en cours de fabrication, mais les gélatines de bonne qualité en sont exemptes. La glycérine, ajoutée en grandes quantités, augmente la faculté de conservation de la gélatine et lui donne,



en même temps, une grande souplesse, d'où son emploi dans la fabrication des rouleaux d'impression. Pour certaines applications, on a reconnu la possibilité d'empêcher la putréfaction de la gélatine par addition de 1 % de fuchsine, mais on ne peut, évidemment, utiliser ce fait en photographie, les chromates donnant avec ce colorant un précipité insoluble, impossible à éliminer ultérieurement et rendant difficile le dépouillement des images. L'addition de chlorure de zinc pourrait, suivant Méritens et Kresser, augmenter la stabilité et donnerait, en même temps, dans le cas de l'utilisation phototypique, une très grande pureté aux blancs. On peut encore empêcher la décomposition par l'addition de 1 % d'hydrate de chloral.

Bien remarquer que la gélatine qui a subi un commencement de décomposition ne peut plus être utilisée à aucune opération photographique, car elle a perdu toute consistance et toute stabilité, et la mise en contact avec un bichromate l'insolubiliserait spontanément à l'obscurité.

#### ACTION DE L'ACIDE CHROMIQUE ET DES CHROMATES SUR LA GÉLATINE

En traitant par l'acide chromique une solution de gélatine, on obtient une masse coagulée qui se dissout à chaud.

On a quelquefois admis qu'une solution tiède de gélatine, saturée de bichromate de potassium, ne pouvait plus se prendre en gelée par refroidissement ; en fait, on n'empêche pas ainsi la prise, on la retarde seulement ; les trois chromates neutres de potassium, de sodium et d'ammonium agissent, d'ailleurs, exactement de même.

Si l'on sèche à l'obscurité une solution de gélatine additionnée d'acide chromique, la gélatine s'insolubilise complètement et perd même la faculté de se gonfler dans l'eau froide ; le résultat est le même avec les chromates ou bichromates alcalins additionnés d'un acide minéral ; avec les bichromates ou les chromates neutres purs, la gélatine ne subit, au contraire, aucune altération, du moins avant longtemps ; elle reste soluble et se gonfle à l'eau comme la gélatine non chromatée.

A moins que le bichromate ne soit en très grand excès, la gélatine bichromatée coulée en couche mince, laisse au séchage une pellicule parfaitement transparente, sans cristallisations ; les agglomérations cristallines ne se manifestent qu'autant que l'on a dépassé une certaine proportion limite de bichromate. La détermination de cette limite est très importante au point de vue pratique, car pour certaines opérations photographiques, il est avantageux d'incorporer à la gélatine autant de bichromate qu'elle en peut retenir sans cristallisation ; il est difficile d'indiquer des chiffres précis, cette capacité variant d'une gélatine à une autre ; il semble cependant, que les gélatines susceptibles d'absorber la plus grande quantité d'eau, eu égard à leur poids, soient aussi celles pouvant retenir sans inconvénients la plus forte teneur en chromates. Ainsi une bonne qualité de gélatine, absorbant à froid de 6 à 10 fois son poids d'eau peut, sans cristalliser au séchage, renfermer de 30 à 40 % de son poids de bichromate de potassium, tandis que les qualités médiocres, n'absorbant que de 3 à 6 fois leur poids d'eau, ne peuvent

retenir plus de 20 " „ de bichromate de potassium ; enfin, les gélatines très inférieures qu'un séjour de 24 heures dans l'eau froide suffit à décomposer, ne peuvent même être mélangées de bichromate dans cette proportion. Notons que ces chiffres correspondent à des solutions coulées sur verre en couche mince et abandonnées au séchage spontané dans l'air sec vers 20° à 25°. Le bichromate d'ammonium, plus soluble et cristallisant moins facilement, peut être ajouté en proportion plus élevée, soit environ 1/3 à 1/4 en sus des poids de bichromate de potassium indiqués. Lorsque la gélatine est séchée rapidement dans un courant d'air à la température de 40°-50°, on peut doubler les doses de bichromates prévues ci-dessus, sans avoir à craindre de cristallisation. Si la couche de gélatine chromagée est coulée sur papier, ce support absorbe déjà par lui-même, grâce à sa porosité, une telle quantité de la solution saline, qu'il réduit la teneur de la gélatine coulée sur lui ; aussi celle-ci peut-elle encore être plus chargée en chromates, soit plus de la moitié en sus des quantités prévues pour les mélanges à couler sur verre, d'autant plus qu'en ce cas le séchage est considérablement accéléré du fait qu'il se produit à la fois par les deux faces.

Signalons, dès maintenant, qu'il semble être toujours nécessaire d'incorporer à la gélatine 10 " „ *au moins* de son poids de bichromate, car même avec cette proportion, la sensibilité est encore très faible et il est difficile, pour ne pas dire impossible, d'obtenir des images suffisamment vigoureuses. On voit ainsi que la quantité de bichromate ne peut varier que dans des limites relativement restreintes.

(Extrait du *Procédé*).

(A suivre.)

---

## LE REDRESSEMENT DES IMAGES DÉFORMÉES PAR L'AMPLIFICATEUR RECTIFIEUR CARPENTIER

---

Les conditions de redressement des images déformées par une mise en station défectueuse de l'appareil photographique ont été tout particulièrement étudiées par V. SELB (*Bulletin Association Belge de Photographie*, août-septembre 1890, p. 536, C. WELBORNE-PIPER (*British Journal of Phot.*, 26 août et 2 sept. 1890, pp. 550 et 566; *Camera Obscura*, mars et mai 1900, pp. 678 et 835); Capitaine de ROMANCE (*Bulletin Société française de Phot.*, 15 janvier 1899, p. 55). On s'était peu préoccupé jusqu'à 1901 de construire les appareils permettant la mise en pratique des principes indiqués par ces auteurs; M. J. CARPENTIER a réalisé l'un des premiers un tel instrument sous forme d'un appareil automatique [*Brevet français*, 306.108, du 8 décembre 1900: « Amplificateur Rectifieur »]. Nous donnons ci-dessous la reproduction *in-extenso* de la spécification. Nous donnerons d'autres articles sur cet intéressant problème sur lequel nous avons publié dans notre dernier numéro un travail de M. J. OLIVE.

Lorsqu'avec un appareil photographique dont l'objectif ne se décentre pas, on veut prendre la vue d'un monument élevé dont on n'est pas suffisamment éloigné, on doit, pour faire tenir sur la plaque l'image entière de ce monument, tenir son appareil un peu renversé; la plaque cessant d'être verticale, on sait que les lignes verticales du sujet cessent d'être parallèles sur l'image et convergent vers le haut. La vue ainsi obtenue, par suite de cette déformation de la perspective, est fort déplaisante et les clichés qui présentent un pareil défaut sont considérés comme tarés.

Il est cependant possible d'utiliser ces clichés et d'en tirer des photocopies correctes. Il suffit, comme on sait, de tirer ces photocopies, non pas par contact, mais en employant un objectif de reproduction avec un dispositif analogue à celui des appareils d'agrandissement; mais l'appareil doit présenter une ressource de plus que les appareils d'agrandissement ordinaires, il doit permettre l'inclinaison simultanée du cliché et de la surface sensible sur l'axe optique de l'objectif et c'est dans cette inclinaison que réside le moyen de ramener au parallélisme sur l'image les verticales convergentes sur le cliché.

Pour que l'image fournie par le cliché soit nette en tous ses points, les lois de l'optique imposent une corrélation entre les inclinaisons du plan du cliché et du plan de l'image. Mais cette corrélation ne paraît pas connue et l'on opère toujours par tâtonnements pour obtenir à la fois le redressement des verticales et la netteté de tous les points sur l'image.

J'ai songé à réaliser un dispositif liant dans un appareil d'agrandissement le châssis-support du cliché à reproduire et le châssis contenant la surface sensible de telle sorte que l'inclinaison de l'un commande l'inclinaison de l'autre suivant la loi indiquée par l'optique pour la conservation de la netteté aux divers points de l'image. Avec un appareil ainsi équipé, l'opérateur n'a plus qu'une condition à réaliser, celle qui consiste à ramener les verticales du sujet à être parallèles sur l'image.



Pour obtenir ce résultat, il lui suffit, après avoir placé le cliché à rectifier dans son support, de mettre une glace dépolie à la place du châssis de reproduction, d'observer sur cette glace dépolie l'image fournie par l'objectif, et d'incliner la glace dépolie jusqu'à ce que le résultat cherché soit obtenu, c'est-à-dire que les verticales du sujet soient parallèles sur l'image. Pour faciliter l'opération, il convient de tracer sur la glace dépolie un quadrillage composé de deux séries de droites parallèles aux côtés du rectangle de son cadre. Dans le déplacement de la glace dépolie, le porte-cliché est entraîné automatiquement de telle sorte qu'à tout moment l'un occupe la position conjuguée de l'autre.

En vue de combiner le dispositif automatique liant le châssis avant et le châssis arrière d'un amplificateur rectificateur j'ai déterminé par le calcul la loi suivant laquelle doivent être conjuguées l'inclinaison d'un cliché et celle de son image pour que sur cette dernière la mise au point exacte soit partout conservée. Cette loi est facile à formuler : « Le plan du cliché et le plan de l'image, suffisamment prolongés, doivent se couper dans le plan perpendiculaire à l'axe de l'objectif mené par le centre optique de cet objectif. »

Cette loi étant établie, on peut imaginer bien des moyens pour lier les deux châssis avant et arrière de l'appareil rectifieur conformément à ces prescriptions, et je place mon invention plutôt dans le fait de lier géométriquement ces deux châssis suivant la condition théorique que dans la nature du lien cinématique adopté.

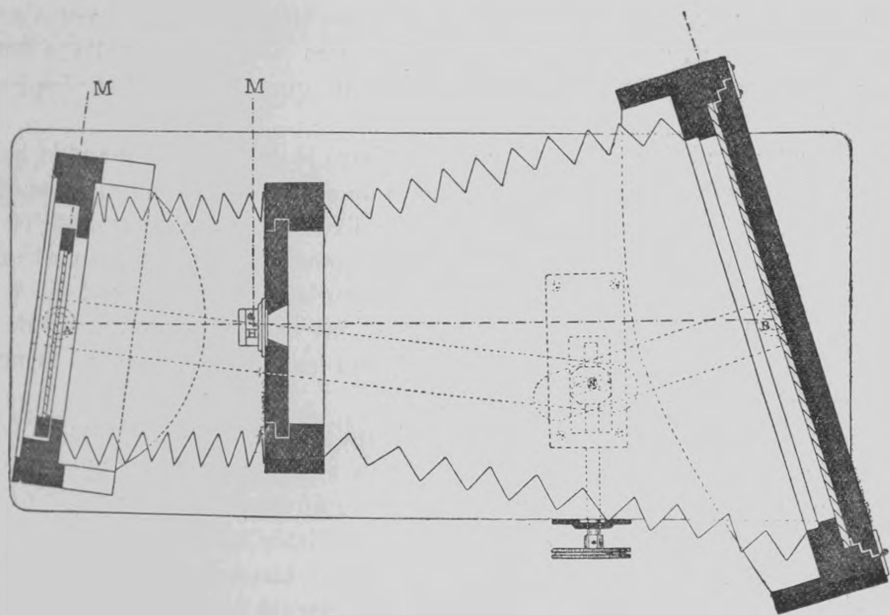


Fig. 1. — Coupe de l'amplificateur rectifieur.

C'est à des amplificateurs à agrandissement fixe que je me suis borné jusqu'à ce jour à appliquer le système rectifieur dont il est ici question. Je me contenterai de décrire deux de ces appareils à titre d'exemple. Le mode de construction que j'ai adopté est le suivant : le châssis porte-cliché et le châssis contenant la couche sensible sont réunis par des soufflets étanches à la lumière au panneau sur lequel est

monté l'objectif de reproduction. Ce dernier panneau est fixé en place convenable sur une planche servant de socle à l'appareil et les deux châssis, avant et arrière, reposant sur ce socle, n'y sont assujettis que par une simple vis-axe formant pivot au milieu de leurs bases respectives. Aussi, tandis que dans les chambres noires ordinaires la rotation du châssis se fait ordinairement autour d'un axe horizontal par un mouvement de bascule, dans les amplificateurs que je décris, ce déplacement a lieu par pivotage autour d'un axe vertical; cette disposition permet de fixer à la base de l'appareil et de protéger ainsi convenablement les organes, fort simples d'ailleurs, qui assurent la liaison géométrique des châssis avant et arrière.

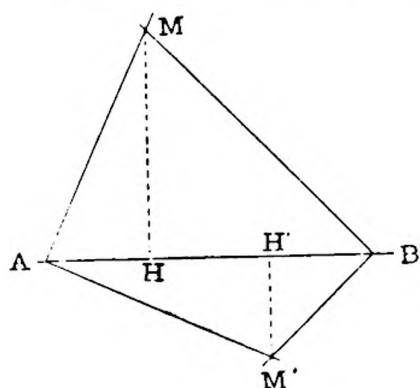


Fig. 2.

Le plus grand des deux amplificateurs, représenté en coupe horizontale (fig. 1) agrandit le cliché dans le rapport :  $\frac{2,75}{1}$  ( $64,2 \times 9$  en  $18 \times 24$ ).

A étant le centre de pivotage du châssis avant, B le centre de pivotage du châssis arrière et H le point de la base sur lequel se projette le centre optique de l'appareil :  $\frac{HB}{HA} = 2,75$ . D'après la condition théorique énoncée plus haut la trace du plan du cliché AM et celle de la couche sensible BM doivent se couper sur la perpendiculaire élevée en

H sur AB (fig. 2); or il est facile de démontrer que si cette condition est remplie, le lieu des points de rencontre des perpendiculaires AM' à AM et BM' à BM est la perpendiculaire élevée sur AB en un point H' tel que  $BH' = AH$  et réciproquement.

C'est sur cette condition géométrique qu'est basé le dispositif formant la liaison entre les deux châssis avant et arrière. Chacun de ces châssis est muni d'une queue AM, BM' constituée par une bande métallique fixée au milieu de sa base et perpendiculaire à son plan. Dans chacune de ces queues est pratiquée une coulisse a, b. Un doigt métallique M' qui peut, à l'aide d'une vis à tête moletée d, être déplacé suivant la ligne H'M' est engagé dans les coulisses des queues de manœuvre des châssis et fait pivoter simultanément les châssis d'angles conjugués, d'après ce qui précède, suivant la théorie.

(Une autre figure, insérée au brevet, mais qu'il ne nous a pas semblé nécessaire de reproduire, représente un rectifieur non amplificateur)... Dans cet appareil, les deux châssis doivent tourner d'angles toujours égaux. Le mode de liaison de ces châssis consiste en une simple tige t filetée à l'un de ses bouts d'un pas à droite, à l'autre d'un pas à gauche, ces pas étant égaux entre eux. Cette tige se visse à ses deux extrémités dans des plots fixés à l'une et à l'autre base des deux châssis; elle porte en outre en son milieu une assiette q qui est et demeure engagée dans une rainure r pratiquée dans la base de l'appareil et qui l'immobilise longitudinalement.

Une disposition analogue, mais avec vis à pas inégaux s'appliquerait à un rectifieur amplifiant dans un rapport fixe, mais quelconque.

(Suivent les revendications).

J. CARPENTIER.

## SOCIÉTÉS SAVANTES

### *A propos des actions chimiques de la lumière.*

M. A. GUÉBHARD, pour répondre à l'invitation que lui adresse, par le *Procès-Verbal*, M. VILLARD (1), dit qu'en l'absence de toute donnée numérique sur les énergies en jeu, dans des expériences dont il est loin de contester la matérialité, mais seulement l'interprétation, il risquerait fort de se heurter aux résultats contraires, quoique tout aussi authentiques et intéressants, notés par les nombreux prédécesseurs de M. VILLARD.

Il spécifie qu'en parlant de plaque daguerrienne *simplement iodée* il voulait indiquer seulement que la présence du brome et du chlore (auxquels E. BECQUEREL imputait les *destructions* attribuées par LEREBOURS, FIZEAU et FOUCAULT, etc., aux rayons rouges), n'était pas plus indispensable dans ces effets que dans ceux de *continuation* observés par CLAUDET. Celle de l'argent, et *a fortiori* du nitrate d'argent, ne l'est pas davantage; et c'est sur les surfaces les plus diverses, métalliques ou organiques, sèches ou humides, avec toute la gamme des radiations, du bleu au rouge, et avec ou sans les auxiliations chimiques variées auxquelles en est habituellement attribué tout le mérite, qu'ont été obtenus, bien longtemps avant le gélatinobromure, des effets, tantôt de *continuation*, tantôt de *destruction*, presque toujours contradictoires, quoique également exacts, dus uniquement aux différences inappréciées de sommes d'énergie, et point à tel ou tel terme exclusivement.

Parmi les apports d'énergie physique, le voilage à la lumière diffuse compte toujours pour une somme énorme, et énormément variable, en sorte qu'appliqué sans mesure il produit les conséquences les plus contraires. Aux surfaces très peu sensibles (papier salé, etc.), il donne le commencement d'ébranlement nécessaire pour vaincre l'inertie de départ et permettre à une excitation, qui par elle-même n'en eût pas été capable dans le même temps, d'opérer la mise en route de l'impression; de même, appliqué *a posteriori* sur une impression déjà mise en route, il la *continue*, alors même que, assez réduit par un verre jaune ou rouge, ou par tout autre moyen, il serait incapable de produire à lui seul un noircissement visible. Mais, au contraire, inconsidérément appliqué au gélatinobromure, il dépasse le but, anesthésie la plaque et permet à M. VILLARD de traiter de légendaire le très réel et très pratique procédé d'accroissement de sensibilité aux faibles excitations, applicable au gélatinobromure comme à toutes les autres surfaces sensibles, pourvu que le voilage soit prudemment proportionné à la sensibilité. Celle du gélatinobromure ne l'empêche pas plus que les papiers (pourvu qu'on observe ceux-ci par transparence) d'obéir à la loi *absolument générale* de la chute des courbes d'impression par la surexposition suffisante; et si M. VILLARD persiste à vouloir ignorer le procédé courant de l'effacement des impressions au grand soleil, les analyses chimiques de M. LÜPPO-CRAMER sur les modifications du bromure d'argent insolé, l'édifieront sur la nullité spécifique du rôle du rouge.

Parmi les énergies chimiques, celle de l'azotate d'argent est certainement une des plus intenses, et son renfort paraîtra d'autant plus appréciable qu'il s'ajoutera à d'autres actions plus faibles: mais si réellement les rayons jaunes ne pouvaient se

(1) *Revue des Sciences photographiques*, I, page 384.

passer de ce concours, ne serait-ce donc pas que la vertu *continuatrice* ne leur est nullement spécifique, ne leur appartient point en propre ? Aussi bien, le nitrate se passe-t-il d'eux pour produire, à la dose d'une seule goutte, ajoutée à un bain de développement impuissant à faire monter une image, la brusque ascension de celle-ci (*continuation* bien caractérisée) et presque aussitôt son complet retournement, les noirs passant au blanc et les blancs passant au noir : destruction et continuation simultanées qu'il semble plutôt justifié d'appeler *inversion*.

Les expériences de M. GRÉBARD ont montré qu'il suffisait d'accroître par le temps, même sans accroître l'intensité spécifique, la somme d'énergie chimique empruntée au révélateur pour obtenir toujours l'inversion. Mais comment reconnaître le rôle propre de chaque facteur, si on ne les dissocie pas avec le plus grand soin ? L'usage des cuvettes verticales rend très facile le développement simultané d'un grand nombre de plaques, dans des conditions toujours identiques de composition et de durée. La substitution, à la vague *lumière diffuse*, de sources lumineuses étalonnées s'impose absolument pour la graduation des impressions, qu'il y aura grand intérêt à faire par échelons, en réservant toujours, comme témoin, une bande non impressionnée, même dans les essais de superposition orthogonale des effets. Opérant sur pellicules pour éviter les perturbations dites de *halo*, M. GRÉBARD a déjà vérifié nettement l'identité, dans la loi commune, des actions photographiques réciproques de la lumière et des rayons Röntgen. Il compte être en mesure, pour la prochaine séance, de fournir une première réponse au point d'interrogation qui terminait sa précédente communication.

M. P. VILLARD, complète les indications déjà données au sujet des expériences de continuation et de destruction.

1<sup>o</sup> Papier salé pour noircissement direct (plus sensible que l'albuminé). Exposition préalable en lumière blanche comprise entre le dixième du temps nécessaire pour obtenir un noircissement à peine visible et une limite supérieure *ad libitum* (pratiquement il est sans intérêt de dépasser dix fois le temps en question). On posera, par exemple, de 10 secondes à 15 minutes, à 25<sup>cm</sup> d'une lampe Nernst de 60 bougies. Une minute de pose convient très bien. Pour la continuation, exposer le papier en plein soleil sous un ou deux verres jaunes et un verre vert, pendant au moins 4 heures (limite supérieure *ad libitum*). Dans un spectroscope à deux prismes (fente de 1<sup>mm</sup> à 2<sup>mm</sup>, lampe Nernst de 60 bougies, lentilles de 25<sup>mm</sup>), la continuation est visible après 12 heures ; il convient de prolonger l'expérience pendant 50 à 100 heures. Recommencer après suppression de l'azotate d'argent.

Pour la destruction, avec une exposition préalable de 50 à 100 secondes devant la lampe Nernst, il faut au moins 24 heures pour que le phénomène apparaisse. Au soleil, sous verres rouge foncé et jaune, il faut une dizaine d'heures. La destruction est d'autant plus lente que l'exposition préalable a été plus longue (ce serait le contraire pour l'inversion par solarisation). Pas de développement pour ces deux expériences.

Si l'on veut faire intervenir le développement, choisir les poses préalables courtes pour avoir une continuation faible. Aucune indication spéciale pour le développement à l'acide gallique. Avec l'hydroquinone ou la pyrocatechine, diluer et bromurer le bain, laver le papier avant de développer.

2<sup>o</sup> Plaques au gélatinochlorure ou gélatinobromure à grain *très fin*. Exposition préalable suffisante pour obtenir un noircissement visible. Plonger la plaque dans un bain d'azotate d'argent à 1 ou 2 pour 1000, exposer au jour sous verre jaune ; la continuation a lieu en 1 heure : elle est toujours faible.

3<sup>o</sup> Plaques au gélatinochlorure (expériences de destruction). Exposition préalable

normale (indiquée par le fabricant) ou mieux notablement moindre. Exposition sub-séquente au soleil sous verres jaune et rouge pendant quelques heures (d'autant plus longue que la pose préalable a été plus forte). Dans le spectroscope sus-indiqué exposition de 4 à 100 heures suivant la pose préalable (mettre un verre jaune devant la fente). Développement alcalin ordinaire approprié à ces plaques.

1° Gélatinobromure. Exposition préalable courte (il est toujours facile de sous-exposer) : inutile d'essayer la destruction sous verres rouges au soleil. Au spectroscope exposition de 1 à 24 heures (verre jaune et verre rouge devant la fente). Développement ordinaire.

Avec les rayons X : pose préalable normale pour radiographie. Destruction au spectroscope comme ci-dessus ou sous quatre feuilles de papier noir (papier des boîtes Jongla) devant un bec Auer (4 à 12 heures).

2° Écrans au platinocyanure, 15 à 30 minutes d'exposition aux rayons X. Quelques heures de soleil détruisent cette impression.

Dans toutes ces expériences il convient de réserver une région non impressionnée et une région non soumise aux actions continuatrices ou destructrices. De bons clichés ou des caches en papier ou métal découpé conviennent parfaitement.

(Résumé des communications faites à la séance du 6 janvier 1905  
de la Société française de physique).

### ***Sur le temps que la précipitation met à apparaître dans les solutions d'hyposulfite.***

De nombreuses observations faites par M. Gaston GAILLARD sur le temps qu'il faut compter pour voir se produire l'opalescence dans les solutions d'hyposulfite lors de la précipitation de ces sels par les divers réactifs qui la déterminent lui ont permis de mettre en évidence les résultats suivants :

I. — En faisant varier uniquement la concentration de la solution du sel et en lui donnant des valeurs de plus en plus faibles, si l'on porte en abscisse l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'instant où l'on verse le réactif (acide, chlorure, etc.) et celui de l'apparition du trouble, et, en ordonnée la valeur de la concentration, on obtient une courbe qui, dans les cas étudiés, a l'allure d'une logarithmique descendante dont l'asymptote est parallèle à l'axe des temps et semble assez voisine de lui. En faisant varier la dilution du réactif, on obtient des courbes différentes qui s'étagent.

II. — Quand on fait réagir successivement les composés que donne un même corps ou des corps ayant des propriétés voisines, on obtient généralement des courbes qui s'étagent d'une façon régulière.

III. — Si, pour un même volume de solution d'hyposulfite de soude de concentration connue, on met en présence des quantités de plus en plus grandes de réactif, l'apparition de la précipitation est retardée.

IV. — Les corps mélangés à la solution du sel ou des réactifs ont une action sur le temps que le précipité met à apparaître.

V. — Si on dilue une solution aqueuse d'hyposulfite de soude à 50 pour 1000 successivement avec différents dissolvants, eau, glycérine ou avec de l'alcool, les temps comptés avant l'apparition du précipité par HCl sont différents et, pour des dilutions égales le temps augmente à partir d'une certaine proportion de l'eau à la glycérine et de la glycérine à l'alcool.



## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

---

### *Nouveau procédé pour la sensibilisation optique d'émulsions photographiques à l'aide de colorants.*

Le procédé nouveau pour préparer ces émulsions consiste à émulsionner avec des agents émulsionnants ou épaississants, comme par exemple la gélatine, le collodion, etc., des sels d'argent sensibles à la lumière qui sont colorés d'abord sans emploi d'un substratum avec des colorants communiquant aux émulsions une sensibilité optique plus élevée à certaines couleurs du spectre, comme par exemple, à l'orange, au rouge, au jaune et au vert.

EXEMPLE I. — On fait couler une solution aqueuse de nitrate d'argent (1 molécule dans une solution aqueuse d'acide bromhydrique (1 molécule), en ayant soin d'agiter constamment. On obtient ainsi le bromure d'argent à l'état pur et granuleux. On lave à fond, on agite le bromure avec une solution d'érythrosine à 1 pour 10.000 pendant cinq minutes et on lave le sel rouge résultant, jusqu'à ce que l'eau de lavage soit incolore. Ce point atteint, on introduit le bromure d'argent ainsi traité dans une solution de gélatine à 4 pour 100, on agite le mélange résultant pendant quelques heures à 40 degrés environ, et lorsque l'émulsion est devenue homogène, on l'étend de la manière connue sur du papier, des plaques de verre, du celluloid, etc.

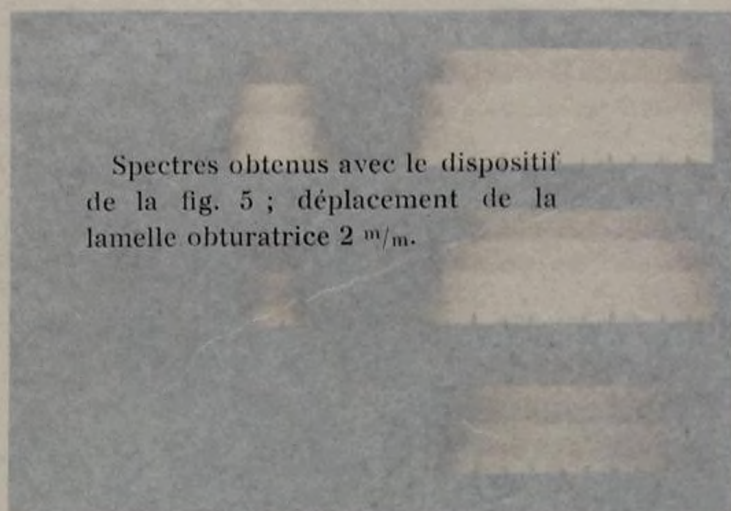
EXEMPLE II. — On sépare à force centrifuge le bromure d'argent d'une émulsion au gélatino-bromure d'argent fort sensible et qui ne produit pas de voiles. On lave à fond le bromure d'argent ainsi séparé avec de l'eau à 50 degrés environ, et on en fait trois parties égales, dont on colore la première avec une solution de hexaéthyle pararosaniline à 1 pour 1.000, la seconde avec une solution d'érythrosine à 1 pour 10.000 et la troisième avec une solution concentrée aqueuse du sel d'argent de fluorescéine. On mélange alors les trois parties de bromure d'argent colorées et lavées, comme il est décrit dans l'exemple I, on émulsionne le mélange résultant dans une solution de gélatine à 4 pour 100 et on étend cette solution sur du papier, etc.

Il va sans dire qu'on peut employer d'autres sels d'argent sensibles, d'autres colorants appropriés ou d'autres agents émulsionnants, comme par exemple le collodion, etc. Dans ce dernier cas il faut précipiter les sels d'argent sensibles dans des solutions alcooliques.

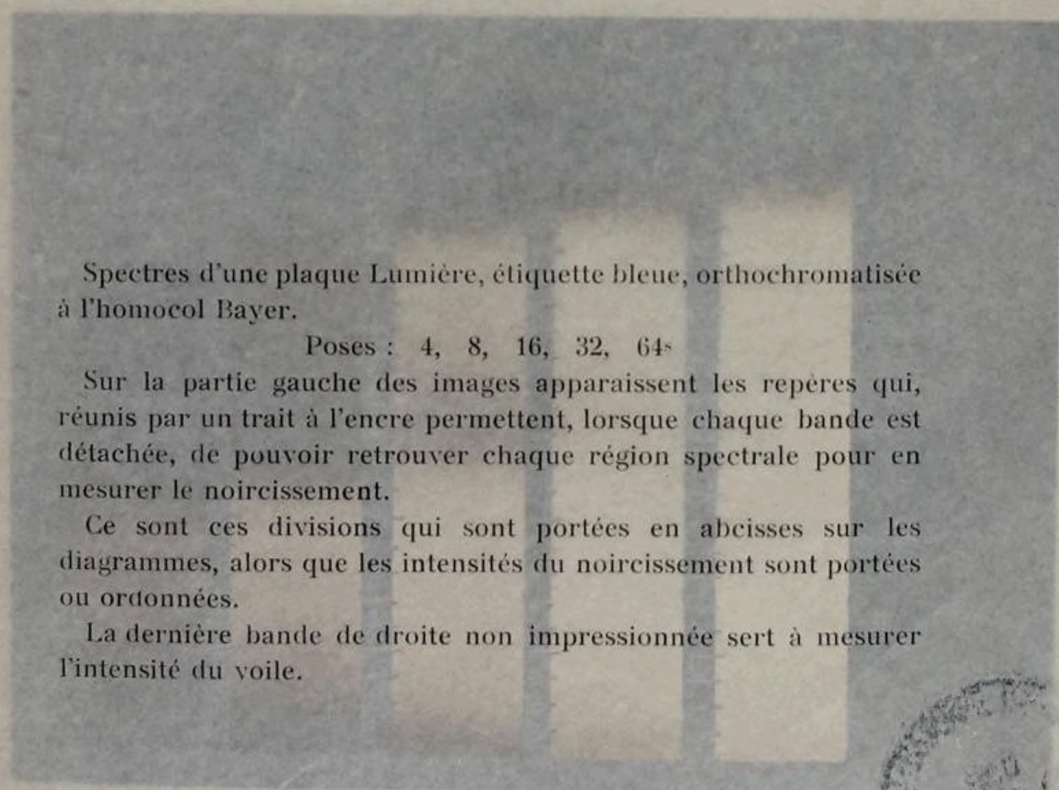
(Brevet français n° 336.298 demandé par la Société anonyme des produits BAYER le 29 octobre 1903, délivré le 11 janvier 1904, publié le 4 mars 1904).

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

*Épreuves positives tirées d'après des négatifs obtenus avec le Spectrographe à réseau de Tallent*



Spectres obtenus avec le dispositif  
de la fig. 5 ; déplacement de la  
lamelle obturatrice 2 <sup>m</sup>/m.



Spectres d'une plaque Lumière, étiquette bleue, orthochromatisée  
à l'homocol Bayer.

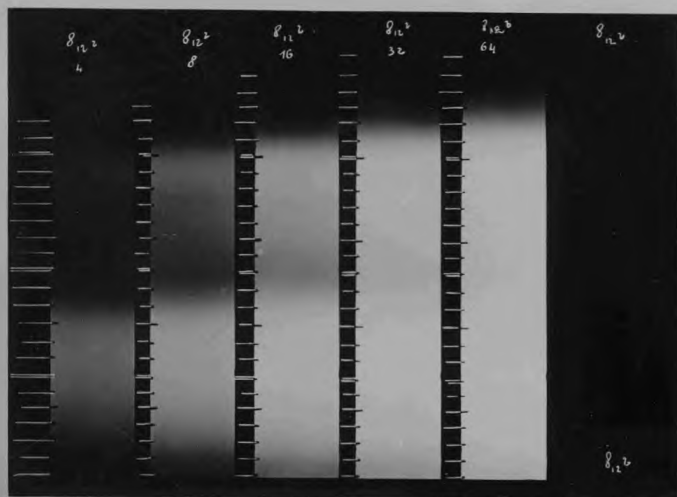
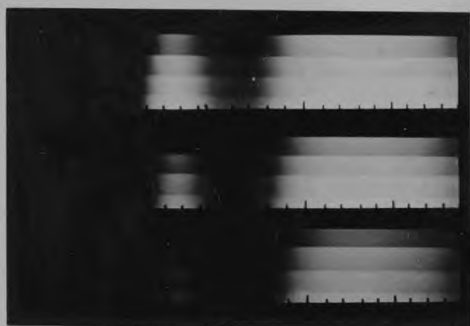
Poses : 4, 8, 16, 32, 64<sup>s</sup>

Sur la partie gauche des images apparaissent les repères qui,  
réunis par un trait à l'encre permettent, lorsque chaque bande est  
détachée, de pouvoir retrouver chaque région spectrale pour en  
mesurer le noircissement.

Ce sont ces divisions qui sont portées en abscisses sur les  
diagrammes, alors que les intensités du noircissement sont portées  
ou ordonnées.

La dernière bande de droite non impressionnée sert à mesurer  
l'intensité du voile.









# MODIFICATIONS APPORTÉES AU SPECTROGRAPHE DE M. TALLENT

Par M. F. MONPILLARD

Le spectrographe de TALLENT, qui fut présenté par M. Vidal à la Société française de Photographie, le 3 janvier 1902, et dont le système dispersif est constitué par un réseau de diffraction, peut, en raison de la facilité de son emploi, rendre de très grands services pour tout ce qui se rapporte aux études sur les plaques orthochromatiques, les écrans colorés, les pigments, etc.

Dans le but de pouvoir donner quelque précision à ces études, nous avons apporté à cet instrument quelques modifications qu'il nous a paru utile de signaler.

Nous avons d'abord cherché à faire en sorte que, travaillant avec une source de lumière constante, la luminosité du spectre soit elle-même constante, mais puisse au besoin varier dans des proportions parfaitement connues.

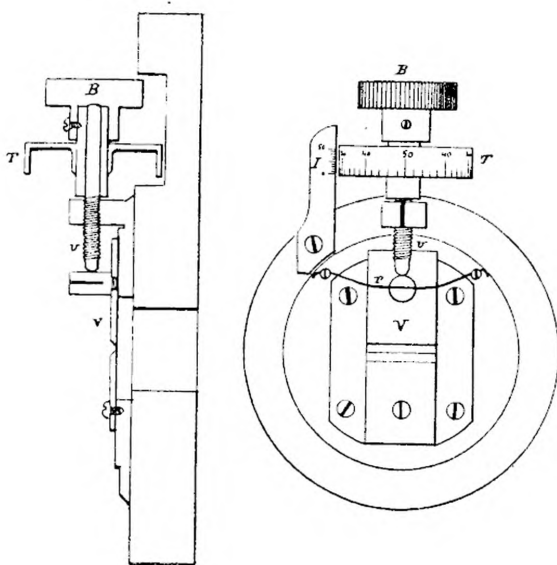


Figure 1

A cet effet, le volet *V* mobile formant le bord supérieur de la fente du collimateur, sollicité par un ressort *r* qui l'entraîne verticalement, vient buter contre l'extrémité d'une vis micrométrique *v* mue par un bouton moleté *B*; sur l'axe de cette vis et entraîné par elle, se meut devant un index fixe un tambour *T* dont chaque division correspond à un déplacement vertical de  $1/100$  de millimètre (fig. 1).

Avec ce dispositif, nous pouvons travailler avec un spectre dont la luminosité peut être toujours la même, il suffit d'ouvrir la fente du collimateur d'une quantité toujours égale et facile à apprécier avec précision.

Enfin, si nous désirons modifier dans une proportion déterminée la luminosité de notre spectre, la chose est rendue aisée puisque nous n'avons qu'à faire varier l'ouverture de la fente du collimateur dans des limites que nous pouvons évaluer à 1/100 de millimètre près.

Tout essai spectrographique complet étant généralement suivi de la mesure du noircissement de la plaque sensible pour les diverses régions du spectre, nous avons cherché, tout en opérant avec une source de lumière artificielle, à faire en sorte que chaque photographie du spectre porte avec elle l'image d'une division correspondant à des longueurs d'onde déterminées une fois pour toutes.

Voici comment nous avons résolu ce problème : la face postérieure du spectrographe contre laquelle glisse le châssis multiplicateur est percée d'une ouverture rectangulaire  $o$  ; un cadre métallique  $cc$  formant fenêtre et destiné à limiter dans le sens de la largeur l'image du spectre est fixé dans une entaille  $e$  pratiquée sur cette face de l'appareil.

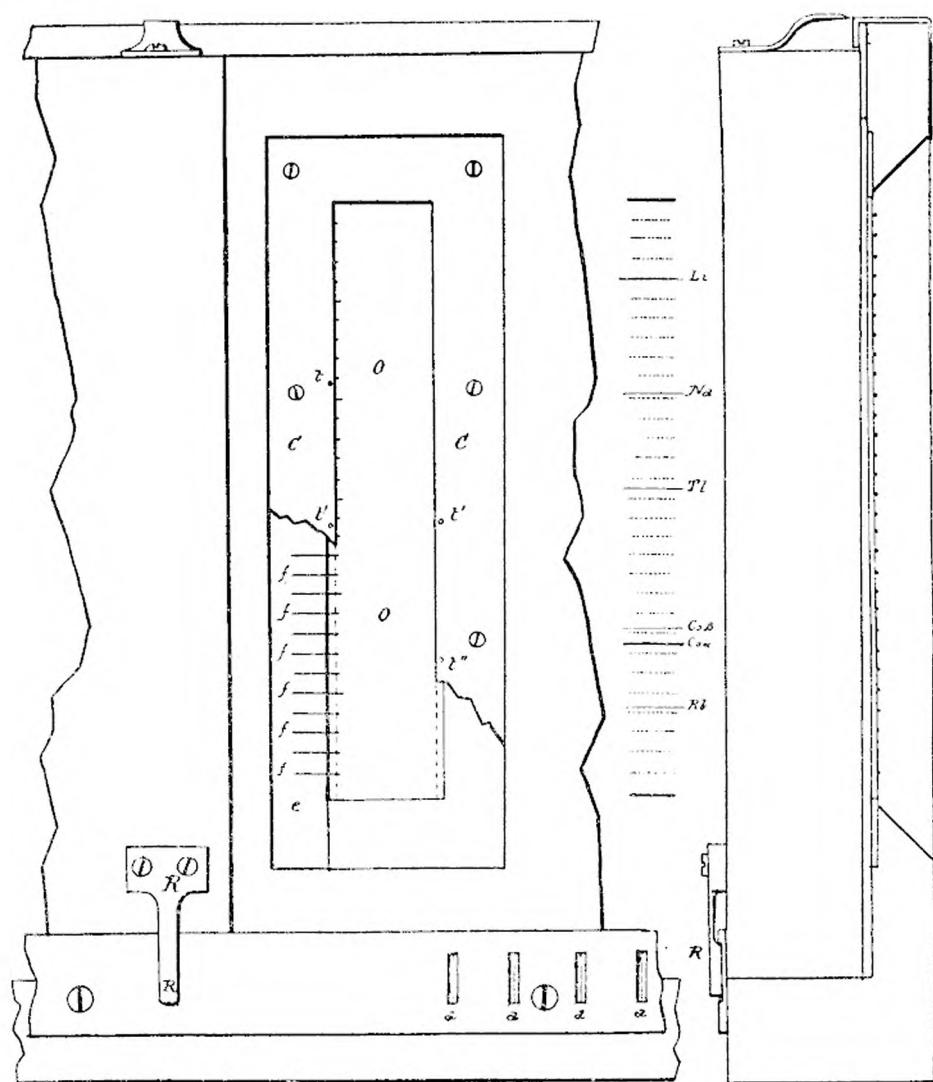


Figure 2

Après avoir retiré ce cadre, nous avons creusé cette entaille sur la partie gauche et y avons placé une feuille de bristol sur laquelle avaient été préalablement fixés de très minces fils métalliques  $fff$ , à des distances égales les uns des autres, tous dépassant l'un des bords de cette feuille de bristol (fig. 2).

Le cadre ayant été remplacé, les fils métalliques dépassaient légèrement, formant ainsi une sorte d'échelle divisée qui vient se peindre en réserve sur le côté de l'image de chaque spectre (1).

Ceci fait, une glace dépolie ayant été disposée dans le spectrographe, puis celui-ci éclairé par une forte source de lumière, la position de chaque division a été notée ; au moyen de flammes colorées, celles de la raie du lithium, du sodium, du thallium, du cæsium, du rhubidium ont été également notées.

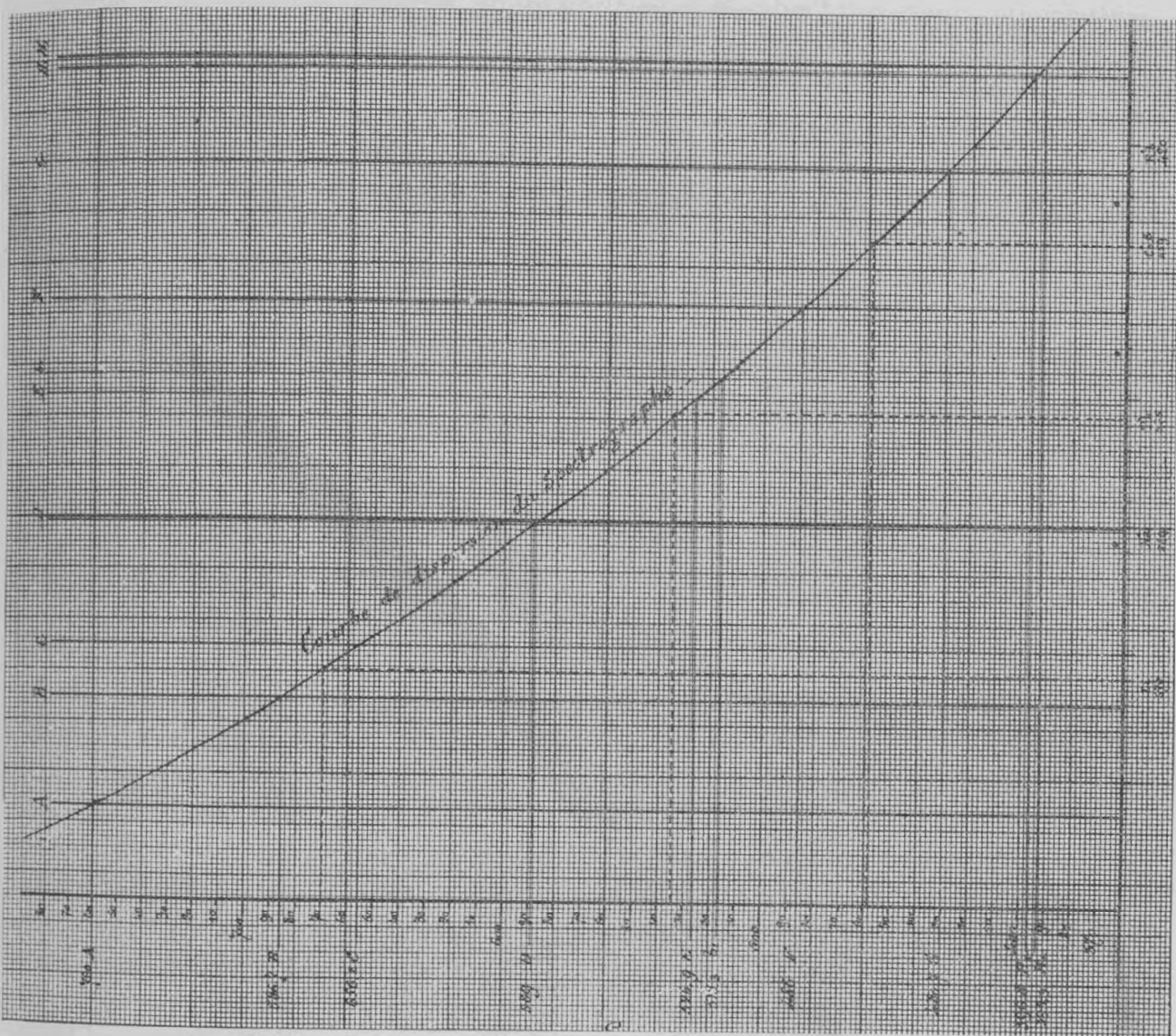


Figure 3

Reportant le tout sur une feuille de papier, connaissant la longueur d'onde correspondant à chacune de ces raies, il nous fut facile de déterminer celle correspondant à chacune de nos divisions, puis enfin, par rapport à celles-ci, la position des principales raies de Fraunhofer sur l'étendue de l'image spectrale (fig. 3).

(1) Il serait facile, dans la construction d'un appareil semblable, de rendre ces divisions mobiles dans le sens de la longueur du spectre, de telle sorte que l'on puisse faire coïncider l'une d'elles avec une raie bien déterminée du spectre ; la position des autres en serait immédiatement déduite.

Enfin, en vue d'éviter toute hésitation dans l'examen de ces images et d'indiquer sur celles-ci la région correspondant soit aux radiations peu réfrangibles, soit aux radiations réfrangibles, nous avons eu l'idée de pratiquer de fines ouvertures rondes vers l'extrême bord du cadre métallique : l'une  $l$  du côté des divisions près de celle correspondant à la raie D, l'autre  $l'$  au contraire de l'autre côté près de la raie G, enfin une de chaque côté vers le milieu du spectre  $l''$  (fig. 2).

A côté de chaque image spectrale, ces ouvertures se peignent sous forme de petits points noirs qui, suivant la position qu'ils occupent par rapport à la division, nous renseignent immédiatement sur la région du spectre qui leur correspond; de la sorte toute erreur devient impossible.

Le système dispersif de ce spectrographe est formé par un réseau de diffraction R collé sur l'hypoténuse d'un prisme de glace à  $90^\circ$ , celui-ci disposé entre deux lentilles achromatiques  $L_1$   $L_2$  constituant un objectif double (fig. 4).

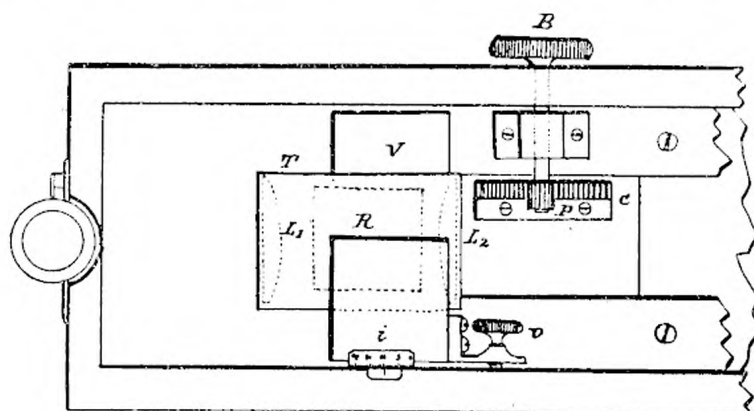


Figure 4

Dans notre appareil, en vue d'obtenir un centrage aussi parfait que possible du système optique, nous avons monté le tout dans un tube T fixé au centre d'une pièce verticale V mobile d'avant en arrière au moyen d'une crémaillère  $c$  actionnée par un pignon P mû de l'extérieur au moyen d'un bouton moleté B.

En outre, cette monture porte à sa partie supérieure un index  $i$  se déplaçant le long d'une division fixée sur l'une des parois intérieures verticales de l'instrument; une vis de pression  $v$  permet d'immobiliser le tout.

Nous avons été amenés à rendre la mise au point du système optique en quelque sorte facultative, par suite de la nécessité dans laquelle nous nous sommes trouvés d'augmenter, par une rallonge, la longueur de l'instrument, afin de pouvoir obtenir sur la largeur de la plaque  $9 \times 12$ , un spectre comprenant toutes les radiations colorées visibles, tout en permettant, en travaillant avec le petit tirage, d'obtenir un spectre plus réduit, mais dans lequel nous pouvons alors étudier l'ultra-violet et l'extrême rouge si le besoin s'en fait sentir.

En effectuant successivement la mise au point de la raie D pour l'un et l'autre tirage, nous avons noté une fois pour toutes à quelle division, dans chacun des cas, s'arrêtait l'index fixé sur la monture portant le système optique; de la sorte aucune nouvelle opération de réglage ne devient nécessaire. Ajoutons que nous avons pu effectuer celle-ci avec assez de précision pour obtenir avec la lumière solaire le dédoublement de la raie D.



Enfin, pour éviter tout tâtonnement dans la manœuvre du châssis multiplicateur, celui-ci porte à sa partie inférieure un ressort R tombant successivement dans des encoches *aaa* pratiquées dans la coulisse sur lequel il se meut (fig. 2) ; ces encoches sont ménagées à des distances telles que nous pouvons impressionner trois spectres sur une plaque  $6\frac{1}{2} \times 9$  ou six sur une plaque  $9 \times 12$ .

Nous inspirant d'une idée émise au sein de l'une des sous-commissions permanentes du Congrès de 1900, nous avons réalisé un petit dispositif permettant d'obtenir sur un même spectre une série d'images avec des temps de pose variés.

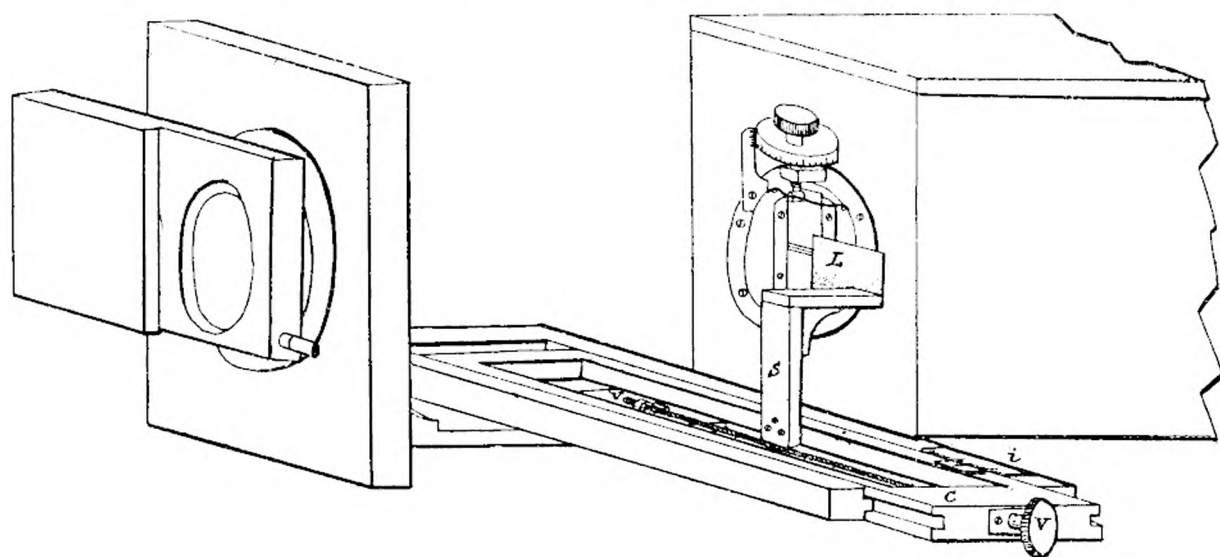


Figure 5

Il consiste simplement à faire cheminer contre la fente du collimateur, et dans le sens de sa longueur, une lame mince métallique L jouant le rôle d'obturateur.

Cette lame métallique est montée sur un support *s* fixé lui-même sur une coulisse mue au moyen d'une vis sans fin *v* ; les déplacements de cette coulisse *c* et, par conséquent, ceux de la lame métallique fermant peu à peu l'ouverture de la fente du collimateur, étant mesurés au moyen d'un index *i* qui se déplace devant une division millimétrique (fig. 5).

Grâce à ces diverses modifications apportées par nous au spectrographe de Tallent, cet instrument devient un véritable appareil de laboratoire se prêtant à un genre de recherche d'un ordre tout à fait précis et scientifique.

# MÉTHODE

POUR DÉTERMINER

## LA LONGUEUR FOCALE & LES ABERRATIONS D'UN OBJECTIF PHOTOGRAPHIQUE

---

Je désire montrer d'abord comment la longueur focale d'un système optique, — en particulier celle d'un objectif photographique, — peut être mesurée non seulement avec exactitude mais encore avec la plus grande facilité, au moyen d'un appareil extrêmement simple ; j'expliquerai en même temps la théorie rationnelle de la méthode. En second lieu, je veux montrer comment les aberrations d'un objectif peuvent être déterminées avec le même appareil. A propos de celles-ci, je veux indiquer quelques *coefficients d'aberration*, qui permettront d'établir une valeur numérique pour chacune d'elles. Il me paraît en effet très avantageux que les constructeurs se décident à inscrire ces coefficients sur leurs lentilles, comme cela se pratique actuellement pour « l'ouverture numérique » des meilleurs objectifs microscopiques. On peut avoir fréquemment besoin de se procurer un objectif pour un usage bien déterminé pour lequel l'absence totale de certaines aberrations présente une très grande importance, tandis que la présence d'autres défauts est comparativement négligeable. Dans les travaux de paysage, la courbure du champ n'est en général pas gênante ; elle peut même être utile, en facilitant la mise au point du premier plan ; dans les reproductions de gravures au trait, au contraire, il est essentiel d'avoir une lentille possédant un champ bien plat.

Pour le portrait, une légère aberration sphérique est fréquemment désirable ; mais l'objectif devra être parfaitement corrigé au point de vue des couleurs, et devra travailler à grande ouverture. Pour les travaux méthodiques, il n'est pas nécessaire d'avoir une grande ouverture ; en effet, pour obtenir une mise au point des détails correctement graduée, il faut diaphragmer à  $f/22$  ; à une plus large ouverture (utilisée pour régler les détails dans les grandes lumières), un léger défaut dans la définition est sans importance. Dans ce cas, les lentilles doivent être minces et avoir peu de surface, afin que les défauts provenant de l'absorption et de la réflexion soient réduits au minimum. Quelques autres cas peuvent se présenter à tous les photographes ; et il est évident que si toutes les aberrations sont bien connues, on peut souvent se servir d'un objectif meilleur marché, et faire cependant des travaux aussi bons sinon meilleurs qu'avec un instrument beaucoup plus coûteux.

### LONGUEUR FOCALE

Il y a des points vraiment importants, fixes pour un objectif donné ; ces points sont nommés, d'après celui qui les étudia le premier, les *points de Gauss*. Ce sont

les points focaux, principaux et nodaux. Quand la lumière provenant d'une source infiniment éloignée traverse une lentille parallèlement à son axe, elle converge en un point situé sur cet axe, appelé foyer principal, ou premier foyer. Si la lentille est retournée de telle façon que la lumière la traverse dans le sens opposé, cette lumière converge, comme plus haut, en un point appelé le second foyer. Pour une position de l'objet, et pour une seule, l'image formée par la lentille doit être droite et de même grandeur; l'objet et l'image sont alors placés respectivement dans les *plans principaux*; ceux-ci coupent l'axe de la lentille aux *points principaux*. Ces plans coïncident à peu près avec le diaphragme dans les objectifs photographiques ordinaires, mais en sont fort éloignés dans les téléobjectifs.

Il y a encore deux autres points qui possèdent une curieuse propriété. Quand un rayon lumineux traverse l'objectif dans une direction telle que, s'il n'est pas dévié par lui il passe par l'un de ces points, ce rayon après son passage à travers l'objectif émergera dans une direction telle qu'il paraîtra venir de l'autre de ces points. Ce sont les *points nodaux*. Quand l'objectif travaille dans l'air, ces points coïncident toujours avec les points principaux. (Les points nodaux de l'objectif microscopique à immersion à l'eau ou à l'huile ne coïncident pas avec les points principaux).

Je veux maintenant démontrer cette propriété des points nodaux. La lumière d'une lampe placée au bout de l'appartement est mise au point sur un écran à l'aide d'un objectif de grand diamètre (1).

L'objectif est monté sur une planche tournant (fig. 1) sur une autre planche inférieure, autour d'un axe vertical, constitué par une pointe fichée dans les deux planches. Une série de trous est faite dans la ligne médiane des planches. Quand la pointe est insérée dans le trou le plus éloigné de l'écran, l'image suit un mouvement de va-et-vient, à mesure que l'objectif est tourné, et va vers la droite, quand l'objectif est tourné dans le sens des aiguilles d'une montre. Quand le pivot est placé dans le trou le plus proche de l'écran, l'image se déplace encore, à mesure que l'objectif tourne, mais dans la direction opposée, c'est-à-dire vers la gauche, l'objectif tournant comme les aiguilles d'une montre. Enfin, quand le pivot est placé dans un trou déterminé, vers le milieu de la planche, l'image demeure stationnaire, quand on fait tourner l'objectif. C'est le *point nodal*, si la lampe utilisée pour la formation de l'image est infiniment distraite.

L'explication de ces mouvements est clairement montrée au moyen d'un modèle mobile en carton. La *direction* du rayon, provenant de la lampe éloignée, au premier point nodal est représentée par un long fil tendu  $An_1$  (fig. 2 et 3); ce fil n'est

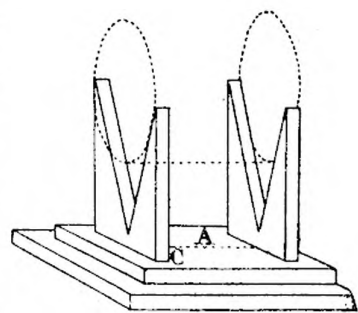


Fig. 1. — Table tournante en bois faite par l'opérateur. — La planche supérieure portant les V, tourne sur la planche inférieure autour d'un pivot A, qui peut être inséré dans l'un quelconque des trous C.

(1) C'est un objectif à portraits Bergheim de 6 pouces d'ouverture, mise à la disposition du conférencier par M. DELLMEYER; cette lentille lui permet de faire ses expériences sur une grande échelle, et de façon qu'elles soient vues de toute la salle.



pas pratiquement affecté par la rotation de l'objectif ; ainsi le rayon émergent du second point nodal  $n_2$  B qui, par suite de la propriété singulière de ces points, demeure *parallèle* au rayon incident  $An_1$ , va et vient avec le point  $n_2$ . Quand, par conséquent, l'objectif est tourné autour de C. comme pivot, l'image se déplace à droite (pour quelqu'un faisant face à l'écran), si la lentille est tournée

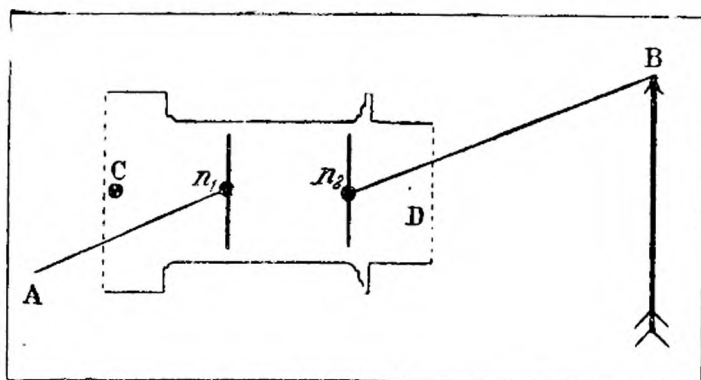


Fig. 2. — Modèle d'objectif en carton.  $n_1$   $n_2$ , points nodaux ; C == pivot ;  $An_1$  == rayon incident ;  $n_2$  B == rayon émergent.

dans le sens des aiguilles d'une montre. Quand le pivot est transporté en D, l'image se déplace vers la gauche. Enfin, si le pivot est à  $n_2$  (en supposant la lampe suffisamment éloignée), l'image n'est pas affectée par la rotation de la lentille.

La distance de  $n_2$  à l'écran se trouve être alors la longueur focale de la lentille, si la lumière incidente provient de l'infini. Comme le point focal est le point où la lumière parallèle converge, il s'ensuit réciproquement que la lumière, partant de

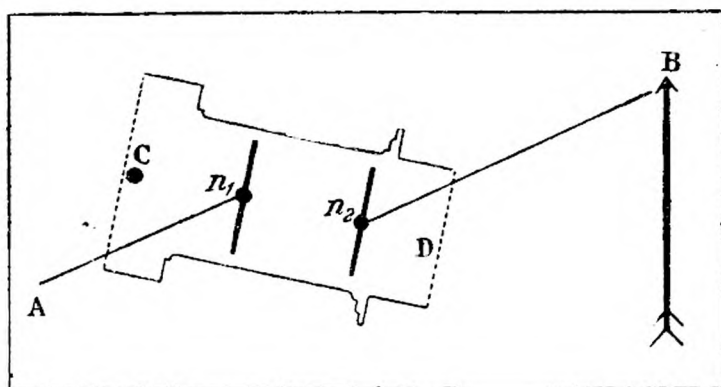


Fig. 3. — Le modèle tourne autour de C, dans le sens des aiguilles d'une montre. — Le rayon  $n_2$ B est déplacé parallèlement à lui-même avec  $n_2$ , ainsi que par conséquent l'image B.

ce point et traversant l'objectif dans la direction opposée, émerge en rayons parallèles. Faites tomber ce groupe de rayons parallèles normalement sur un miroir plan M (fig. 4) ; il est évident alors que chaque rayon sera retourné sur lui-même, et qu'après avoir traversé une seconde fois l'objectif, il viendra converger de nouveau en  $F_2$ .

Je puis démontrer cela en faisant passer la lumière d'une lampe à arc S à travers un petit trou garni de fils métalliques croisés, dans un écran placé en  $F_2$ . La lumière, après son passage à travers l'objectif, est réfléchiée en arrière par le miroir ; et si l'on incline légèrement le miroir, l'image est rejetée à côté du trou et peut ainsi être observée. La distance est calculée de façon que l'image des fils

croisés soit très nette ; dans ce cas,  $F_2$  est exactement situé au foyer principal de la lentille.

L'exactitude, avec laquelle ce réglage est fait est au moins deux fois aussi

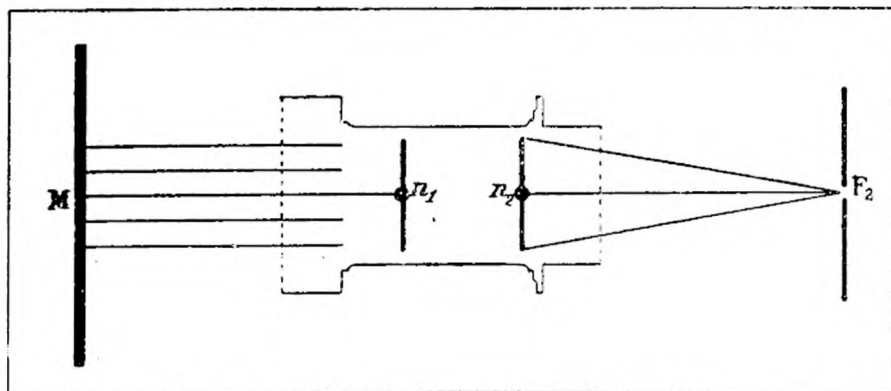


Fig. 4. — La lumière du foyer principal  $F_2$ , émergeant en faisceau parallèle, réfléchi en arrière par le miroir M, et convergent à nouveau en  $F_2$ .

grande qu'elle peut l'être quand on emploie un objet éloigné. Car, en supposant l'écran transporté en  $S_1$  (fig. 1) à une courte distance en face de  $F_2$ , les rayons qui

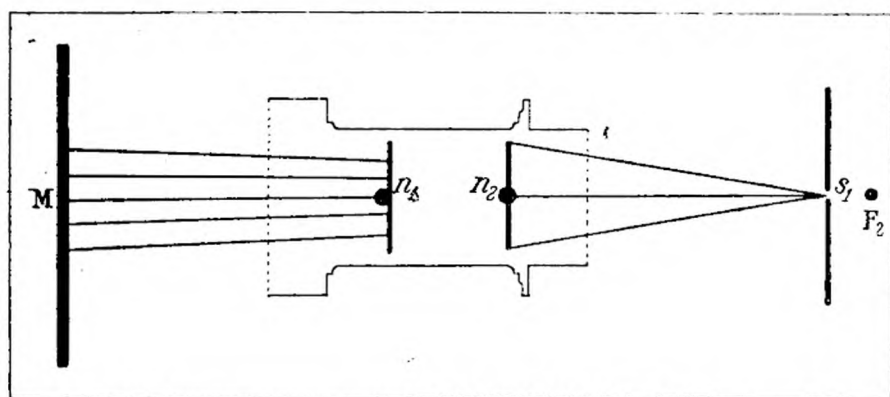


Fig. 5. — Marche des rayons incidents, sur le miroir M, quand l'ouverture S est plus proche de la lentille que son foyer principal  $F_2$ . — Les rayons qui émergent sont divergents.

s'émergent alors sont faiblement divergents, et, après réflexion en M, tombent sur l'objectif en faisceau divergent (fig. 6), et demandent à être mis au point par

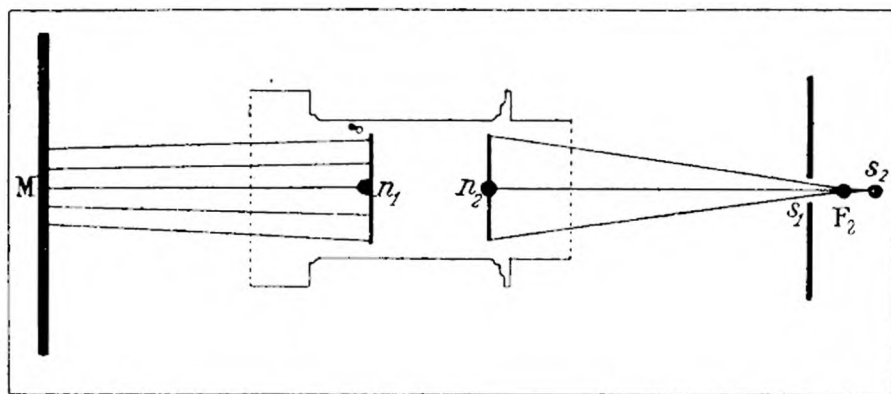


Fig. 6. — Marche des rayons après réflexion dans le miroir M. — Le faisceau divergent a été réfléchi comme divergent, et mis au point en  $S_2$  derrière le foyer principal  $F_2$ .

l'objectif en un point  $S_2$  derrière  $F_2$ . On peut aisément démontrer que, si le déplacement est faible,  $S_2$  est à peu près à la même distance derrière  $F_2$  que  $S_1$  en face

de  $F_2$ . Ainsi l'image formée sur l'écran (qui est maintenant en  $S_1$ ) se trouve être hors du foyer, à la distance de  $S_1$  à  $S_2$  ; c'est-à-dire au double de la longueur dont l'écran a été déplacé.

Si l'on en revient au modèle de carton, il est bon de voir que le miroir étant en position, une rotation de l'objectif en un autre point quelconque que  $n_2$ , déplacera l'image ; et que, dans ce cas encore, le déplacement sera deux fois aussi grand que lorsqu'on emploiera un objet éloigné, et par suite la position de  $n_2$  peut être déterminée avec deux fois plus d'exactitude.

Quand l'objectif est tourné vers un point autre que  $n_2$ , tel que C (fig. 7 et 8),

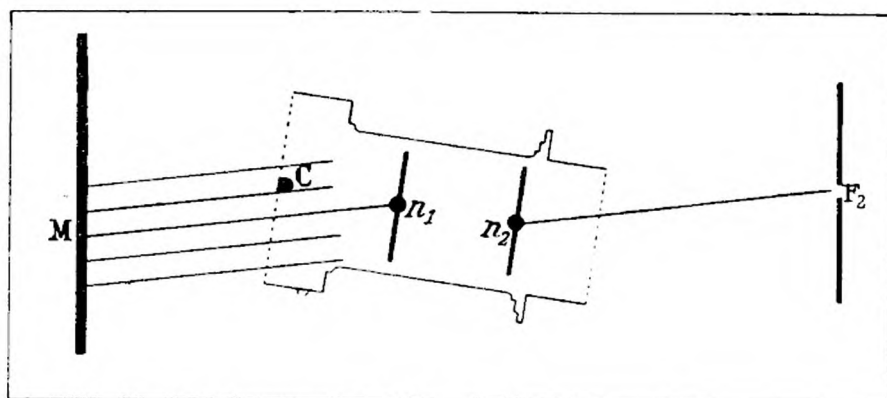


Fig. 7. — Marche des rayons depuis  $F_2$ , jusqu'au miroir M, quand l'objectif a été tourné selon G.

le rayon  $F_2 n_2$  est altéré dans sa direction par le mouvement de  $n_2$ , et par conséquent le faisceau émergent parallèle est altéré dans sa direction. Ce faisceau, après réflexion, pénètre encore dans l'objectif, incliné selon le même angle par rapport à la normale et émerge de  $n_2$  suivant une ligne parallèle  $n_2 P$ . Ainsi  $F_2 n_2 P$  constitue pratiquement un triangle isocèle, et  $F_2 P$  a une longueur double de celle dont  $n_2$  a été déplacé.

Mais quand la rotation atteint  $n_2$ , comme la direction du rayon  $F_2 n_2$  n'est pas

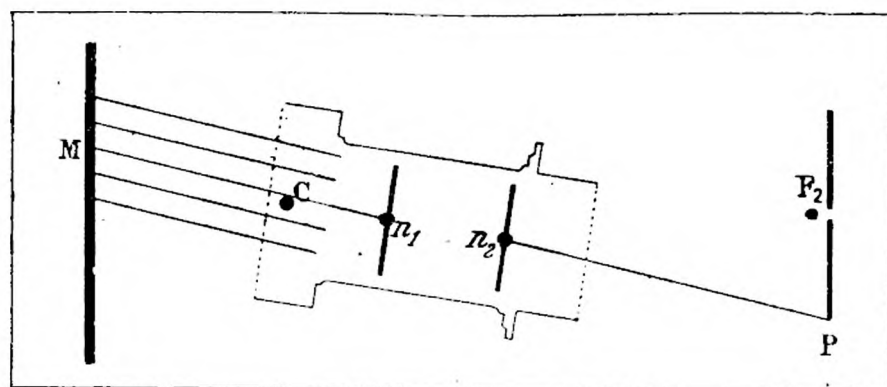


Fig. 8. — Direction des rayons après réflexion dans le miroir M. — L'image de  $F_2$  est à P. Le déplacement  $F_2 P$  est double de celui de  $n_2$ .

changée, le faisceau parallèle frappe M normalement pour toutes les positions de l'objectif, et retourne sans déviations au point où l'image est fixée.

Si l'on mesure la distance de  $n_2$  (le pivot) à  $F_2$  (l'écran), la distance focale se trouve déterminée du même coup.

Cela peut être démontré au moyen de la lentille large, qui, ayant été réglée quant aux distances pour obtenir une image nettement distincte et immobile, donne une longueur focale de  $3\text{ l}, \frac{15}{16}$ .

## LES ABERRATIONS DES LENTILLES

**Aberration sphérique.** — Je veux maintenant montrer comment l'appareil peut être employé, d'une façon très simple, pour mesurer l'aberration sphérique de la lentille. Quand un faisceau de lumière parallèle traverse une lentille, celle-ci a une tendance naturelle à centrer les rayons, qui la pénètrent vers sa périphérie,

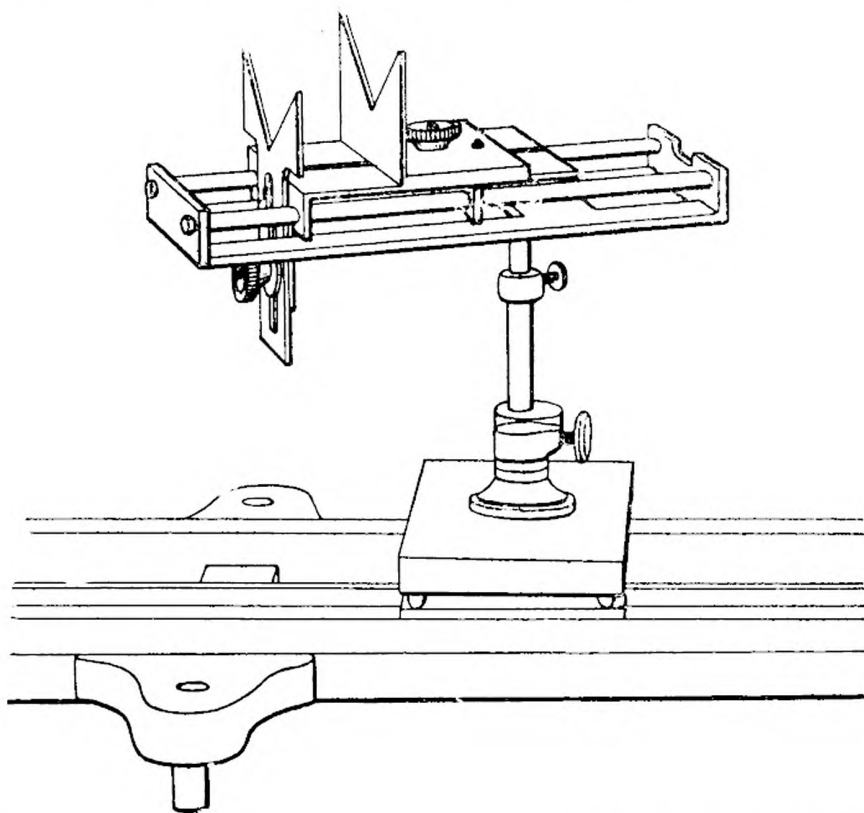


Fig. 9. — Table tournante porte lentille. — La lentille repose sur les 2 V, réglables horizontalement et verticalement. Les V sont montés sur un chariot, qui glisse sur deux barres d'acier formant glissière ; cette glissière tourne sur un axe vertical.

à une distance plus courte que celle des rayons axiaux. Ce défaut est appelé *aberration de sphéricité*.

J'interpose un petit diaphragme et je mets au point les fils métalliques croisés. Puis le diaphragme est enlevé, et un carton noir rond, d'un diamètre un peu plus petit que celui du faisceau émergent, est placé sur le miroir ; l'on fait ensuite une nouvelle mise au point sur l'écran. La différence entre les longueurs focales (c'est-à-dire la distance entre les deux positions de l'écran), dans le cas de la lentille qui est devant nos yeux, est de  $1\frac{1}{4}$  de pouce (1).

(1) La lentille a été dans cette intention réglée de façon à accroître l'erreur, afin que celle-ci puisse être plus aisément constatée.

C'est la mesure de l'aberration de cette lentille déterminée, à une ouverture déterminée ( $f/4$ ).

PETZVAL a démontré que l'aberration varie avec le carré de l'ouverture, et avec la longueur focale. Ainsi le coefficient aplanétique peut être défini par  $A = \frac{sn^2}{f}$ , formule dans laquelle  $s$  est la différence ci-dessus des longueurs focales des rayons marginaux et des rayons axiaux, et  $n$  est la « valeur numérique de  $f$  ». Comme cette lentille a un foyer d'environ 32 pouces, et travaille avec  $f/4$ ,

$$A = \frac{\frac{1}{4} \cdot 4^2}{32^2} = \frac{1}{8} = 12\frac{1}{2}.$$

Le coefficient, tel qu'il est défini plus haut, doit être le même pour toutes les lentilles de longueur focale variable travaillant avec une intensité quelconque, pourvu qu'elles soient également bien corrigées.

**Astigmatisme.** — Quand la lumière passe d'une façon très oblique à travers une lentille, les rayons radiaux et transverses sont centrés à des distances différentes. Ce résultat est connu sous le nom d'« *astigmatisme* ». Après avoir expliqué les causes de cette erreur au moyen d'un diaphragme, je veux démontrer que celle-ci peut aisément être mesurée avec le même appareil. Une lame de zinc mince, dans laquelle une fente horizontale et une fente verticale ont été taillées, est substituée au diaphragme à fils croisés obliques. La lentille est tournée selon un angle très large, de façon que son axe nouveau prolongé rencontre l'écran au point P, à la distance  $r$  des fentes. L'écran est réglé de manière que l'image de la fente verticale soit nettement mise au point, et sa position est soigneusement notée. Puis l'appareil est réglé de telle façon que la fente horizontale donne à son tour une image précise. La distance  $t$ , entre les deux positions de l'écran, donne la mesure de l'astigmatisme de la lentille, en tenant compte de la particulière obliquité réalisée. L'astigmatisme varie comme le carré de l'obliquité, et directement avec la longueur focale. Aussi, pour définir le coefficient, on devra dire :

$$\text{Coefficient astigmatique} = T = f \frac{t}{r^2};$$

Dans le cas où  $t$  est  $1/4$  de pouce et où  $r$  égale 10 pouces, on aura :

$$T = \frac{32 \times \frac{1}{4}}{10^2} = \frac{8}{10} = 08.$$

$T$ , ainsi défini, est un coefficient véritable, car il n'a pas de « dimensions », et peut en effet être le même pour toutes les séries de lentilles exactement construites selon la même formule, quoique avec des longueurs focales différentes. Il doit être le même si les mesures sont prises en pouces ou en centimètres (il est bien entendu que toutes les mesures doivent être prises toutes en pouces, ou toutes en centimètres).



**Courbure du champ.**— En plaçant la lentille dans son axe normal, mais une fois plus loin de l'écran et en mettant au point les fils croisés, une rotation du miroir oblige l'image à dépasser l'écran. Comme la lumière qui tombe sur le miroir, et par conséquent aussi la lumière réfléchie par lui, est parallèle, l'image est toujours celle d'un objet infiniment éloigné. Ainsi, si la lentille a un champ bien plan, l'image doit demeurer au foyer très nette et très droite. Cependant, elle ne demeure pas nettement au foyer, mais à une certaine distance  $r$  du centre et l'écran a besoin d'être déplacé en avant d'environ  $3/8$  de pouce, afin de retrouver le foyer (les fils croisés étant, non horizontaux et verticaux mais inclinés à  $40^\circ$  avec l'horizon pour éviter les difficultés occasionnées par l'astigmatisme). Si la distance dont l'écran a été déplacé est  $k$ ,  $r$  étant mesuré et donnant 8 pouces, le coefficient de courbure pourra être défini ainsi :

$$\text{Coefficient de courbure} = K = \frac{fk}{r^2}$$

et dans notre cas particulier :

$$K = \frac{32 \times \frac{3}{8}}{8^2} = \frac{3}{16} = 18.$$

Je voudrais indiquer en outre que, comme la platitude du champ n'a d'importance que dans les travaux de copie, il est plus exact, dans l'essai d'une lentille, de déterminer le coefficient de cette copie dans la même grandeur que pour la lumière parallèle.

**Coefficient chromatique.**— En insérant derrière l'ouverture dans l'écran des solutions colorées (comme par exemple du sulfocyanate de fer, et du sulfate de cuivre ammoniacal respectivement pour les couleurs rouge et bleue), on pourra mesurer l'aberration chromatique. Le coefficient en est  $C = \frac{f}{e}$ , formule dans laquelle  $e$  représente la différence des longueurs focales des deux couleurs.

Le lecteur invite les personnes présentes à examiner l'appareil, et dit qu'il croit que cette méthode de détermination de la longueur focale est vraiment originale. La table tournante, destinée à établir les points nodaux est ancienne, et le miroir qui sert à la mesure de la longueur focale d'une lentille mince est bien connu ; mais la combinaison nettement appropriée des deux instruments pour l'étude d'une lentille composée ne paraît pas avoir jamais été utilisée.

Reg S. CLAY.

(Conférence faite le 12 avril 1904, à la Société royale de photographie de Londres.  
Traduit de *The Photographic journal*, juillet 1904).

# RÉACTIONS DE L'ACIDE CHROMIQUE ET DES CHROMATES SUR LES SUBSTANCES ORGANIQUES

AU POINT DE VUE DE LEUR UTILISATION PHOTOGRAPHIQUE

Par le Docteur J.-M. EDER

(Suite)

---

## ACTION DE LA CHALEUR ET DE L'HUMIDITÉ SUR LA GÉLATINE CHROMATÉE (1)

Une solution de gélatine additionnée de bichromate de potassium peut, sans inconvénient, être chauffée à 100° pendant cinq à dix minutes dans un bain-marie; refroidie et séchée elle a conservé toutes les propriétés d'une solution identique non chauffée; après quinze minutes de chauffe, la solubilité de la gélatine est déjà très notablement diminuée: si l'on prolonge la chauffe pendant une heure, ou plus, compensant au fur et à mesure par addition d'eau la perte due à l'évaporation, le mélange s'épaissit progressivement et arrive à faire prise malgré la température élevée; la gélatine bichromatée ainsi bouillie peut encore, après refroidissement et séchage, se gonfler au contact prolongé de l'eau froide, mais elle est devenue complètement insoluble dans l'eau chaude; sans aller jusqu'à admettre, comme l'ont fait plusieurs auteurs, l'insolubilisation de pellicules de gélatine bichromatée par quelques instants de chauffe vers 60°-80°, il est, en tout cas, recommandable de ne jamais chauffer un mélange de bichromate et de gélatine à température plus élevée, ni pendant plus longtemps qu'il n'est nécessaire pour la dissolution des constituants; si l'on a pris la précaution de faire gonfler la gélatine à l'eau froide avant de chercher à la dissoudre, on n'aura, généralement, jamais à dépasser, ni même à atteindre, 40° ou 50° C.

On a, quelquefois, admis que le bichromate, lorsqu'il est en excès peut, par lui-même, insolubiliser spontanément la gélatine; il est seulement exact que l'insolubilisation par élévation de température est d'autant plus rapide que la proportion de bichromate est plus élevée; la redissolution dans l'eau tiède du mélange desséché est également plus difficile en ce cas si le séchage a été trop lent; c'est ainsi que l'on a fréquemment signalé le fait qu'une pellicule mixtionnée, soluble dans l'eau à 28°-30°, avant sensibilisation n'était plus soluble que vers 33°-35° après sensibilisation et séchage à l'obscurité.

En ce qui concerne plus particulièrement la phototypie, on peut admettre que le grain sera, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus prononcé que la teneur

(1) Toutes les expériences mentionnées dans ce chapitre ont été, sauf avis contraire, effectuées à l'obscurité ou avec un éclairage inactinique.



en bichromate sera plus élevée ; la température de dessiccation a, d'ailleurs, une influence très marquée sur le grain ; une température trop basse ou trop élevée donnera une couche lisse, tandis que le séchage à température intermédiaire donnera une pellicule grenue. Certains produits ajoutés à la gélatine favorisent la formation du grain, lors même que le séchage est effectué à basse température ; l'acide acétique et le chlorure de calcium notamment produisent une granulation assez fine. Les couches épaisses sont plus sujettes à acquérir un gros grain que les couches minces ; le grain est plus accusé quand on emploie une solution de gélatine plus concentrée et, toutes circonstances restant les mêmes, une planche récemment préparée donne un grain plus gros qu'une planche ancienne. De deux plaques séchées à la même température, l'une spontanément, l'autre en fort courant d'air, c'est cette dernière qui aura le plus gros grain ; enfin l'exposition à la lumière solaire donne un grain plus fin que l'exposition à la lumière diffuse.

En ce qui concerne les papiers mixtionnés (papiers au charbon) on peut énoncer, de façon générale, que la sensibilisation en solutions étendues de bichromate donne des images plus brillantes que la sensibilisation en solutions concentrées : un papier sensibilisé en bain faible, donnant des images plus dures qu'un papier sensibilisé en solutions concentrées, on dispose d'un moyen de correction particulièrement intéressant pour tirer parti, suivant les circonstances, de négatifs trop doux ou trop vigoureux. Tenir compte du fait qu'une solution par trop diluée ne donne plus de demi-teintes, tandis qu'une solution trop concentrée expose à la réticulation de l'image.

On sait que les mixtions bichromatées, quelles qu'elles soient, ne se conservent pas au delà d'un certain laps de temps. Une préparation à la gélatine bichromatée abandonnée pendant quelques jours, même à la température ordinaire, et surtout à l'état humide ou à l'état de gelée, pour constater son insolubilisation progressive, l'effet est déjà très notable au bout de 12 heures et un papier mixtionné qui aurait mis ce temps pour sécher après sensibilisation ne donnerait plus que des images dures. L'inconvénient est moindre en phototypie car la gélatine ne perd la propriété de se gonfler dans l'eau que longtemps après son insolubilisation complète dans l'eau chaude ; n'ayant pas à dissoudre la gélatine non insolubilisée par la lumière, cherchant seulement à l'imprégner d'eau, on conçoit que l'insolubilisation spontanée soit en ce cas sans inconvénient, tandis que dans tous les procédés où l'on doit dissoudre la gélatine non modifiée par la lumière, et notamment dans le cas des papiers au charbon, il est de la plus grande importance que le papier soit séché aussi rapidement que possible, sans cependant chercher à accélérer le séchage par la chaleur car on provoquerait alors l'insolubilisation que l'on se propose d'éviter.

Séchée à l'air, la gélatine bichromatée est beaucoup moins sujette à s'insolubiliser spontanément par abandon dans l'obscurité à la température ordinaire que lorsqu'on la maintient humide à l'état de gelée ; tandis que, dans certains cas, l'insolubilisation se manifeste dès le second ou le troisième jour de la sensibilisation, elle ne commence le plus généralement qu'après une semaine et, dans des conditions particulièrement favorables, on a pu utiliser des papiers mixtionnés plusieurs mois après leur sensibilisation. La conservation est environ deux fois plus longue

en hiver qu'en été : elle est plus longue lorsque le bain sensibilisateur est étendu que lorsqu'il est concentré ; mais le principal facteur d'altération est l'humidité atmosphérique ; on conserve à coup sûr un papier mixtionné bichromaté sans la moindre altération pendant plusieurs semaines, dans une boîte renfermant du chlorure de calcium desséché ou fondu pour priver l'atmosphère de la boîte des dernières traces d'humidité ; si, au contraire, on enferme le papier dans une boîte avec une cuvette d'eau, l'humidité l'insolubilise complètement en quelques jours, au point de ne plus pouvoir dissoudre, même à l'eau bouillante, la couche de mixtion. D'autre part, on constate qu'une mixtion bichromatée séchée rapidement en un lieu parfaitement sec donne des images plus pures et plus vigoureuses qu'après séchage lent dans une atmosphère humide ; cette circonstance explique les difficultés que l'on rencontre pour la manipulation des papiers au charbon dans les régions que maintient constamment humides le voisinage immédiat de la mer ou de grands lacs.

La gélatine bichromatée, même après séchage complet, est très sensible à l'élévation de température : à 100° l'insolubilisation est complète en quelques heures ; il suffit de quelques minutes à 150° ; la présence de chondrine en grandes quantités dans une gélatine accroît les risques d'insolubilisation sous ces diverses influences. Pour la bonne conservation des préparations à la gélatine bichromatée devant conserver leur solubilité à l'eau tiède, on sensibilisera donc dans des solutions de bichromate peu concentrées ; au sortir du bain, on chassera l'excès de liquide en appliquant le côté mixtionné sur une glace et passant au dos de la raclette, et on suspendra le papier, pour son séchage, dans un lieu très frais et sec ; si l'on veut conserver longtemps une provision de papier sensibilisé on l'enfermera, sitôt après séchage, dans une boîte ou un étui à double fond garni de chlorure de calcium desséché, que l'on conservera dans un lieu aussi frais que possible.

Bien que ce fait puisse sembler paradoxal, les conditions de séchage sont plus favorables en hiver qu'en été. La rapidité du séchage dépend, en effet, de la quantité de vapeur d'eau dans l'air, eu égard à la quantité pouvant exister dans une atmosphère saturée, soit donc en d'autres termes, de l'état hygrométrique de l'air. Or, en hiver, par suite de la basse température extérieure l'humidité atmosphérique est très faible, l'air entrant dans une salle chauffée produit un état hygrométrique très bas, auquel on remédie dans les appartements en plaçant des bassines ou bouilloires pleines d'eau sur les poêles, mais qui devient une circonstance des plus favorables pour le séchage d'une préparation. Tous les ateliers où se manie de la gélatine devraient être munis d'un hygromètre (1) qui, en aucun cas, ne doit atteindre 60° dans une chambre de séchage. En été où l'on ne peut, comme en hiver, abaisser l'état hygrométrique de l'air en le réchauffant, on ne pourrait se placer dans des conditions aussi favorables qu'en effectuant le séchage dans des étuves ou armoires renfermant des substances desséchantes, chlorure de calcium ou acide sulfurique, le séchage à température plus élevée n'étant utilisable que dans le cas de la phototypie, et encore à la condition expresse de ne pas dépasser 60°. S'il faut de 16 à 20 heures pour la dessiccation complète d'une certaine épaisseur de géla-

(1) Voir les numéros de mars et juin 1904 du *Procédé*.

tine à la température de 15-20°, il suffira de 3 à 10 heures à la température de 50-60°. Au point de vue de l'impression phototypique, il est intéressant de noter que la gélatine séchée rapidement peut supporter une pression mécanique bien supérieure à ce que pourrait supporter une gélatine séchée lentement, qui resterait toujours molle et friable ; tenir compte cependant de ce qu'un séchage par trop rapide ou à température trop élevée pourrait provoquer des marbrures ou des stries, visibles à l'impression ; une pellicule séchée rapidement a une surface mate ; la surface est brillante en cas de séchage lent. Tous les auteurs s'accordent d'ailleurs à indiquer comme optima une température voisine de 50° (1).

### RÉACTIONS PROVOQUÉES PAR LA LUMIÈRE DANS LA GÉLATINE BICHROMATÉE

L'action de la lumière sur la gélatine bichromatée varie suivant que l'insolation est effectuée à l'état sec ou à l'état humide. Une solution aqueuse de gélatine et de bichromate ne commence à brunir qu'après plusieurs jours d'exposition à la lumière ; les gelées bichromatées sont à peine plus sensibles, même après qu'elles ont fait prise ; la sensibilité n'apparaît réellement qu'au moment où la couche est pratiquement sèche, d'où la possibilité de procéder en pleine lumière à toutes les opérations de préparation puis, par la suite, du dépouillement ou des lavages.

L'action de la lumière sur une pellicule de gélatine bichromatée se traduit par un brunissement progressif, qu'accompagne l'insolubilisation dans l'eau tiède des parties brunies.

Les gélatines bichromatées séchées à l'air brunissent avec une rapidité variable.

Après quelques minutes à une bonne lumière, la pellicule brunit, puis, si la pose est très prolongée, atteint le brun-noir. Si la gélatine bichromatée est mise, après insolation, à digérer dans de l'eau à la température ordinaire de 15 à 20°, une portion notable du bichromate, non altéré par la lumière, se dégorge ; si l'exposition à la lumière n'a pas été très prolongée, la gélatine se décolore après un temps de lavage suffisant, et les parties insolées arrivent à se gonfler légèrement ; si l'insolation a été plus complète, les parties insolées restent brunes et ne se gonflent pas. L'eau tiède dissout seulement les régions protégées de l'action de la lumière, mais elle gonfle et ramollit un peu les portions insolubilisées, sauf le cas d'exposition très prolongée à la lumière, auquel cas la gélatine reste aussi indifférente à l'action de l'eau chaude qu'à celle de l'eau froide.

On ne peut évidemment donner d'indication précise en ce qui concerne la durée d'exposition à la lumière pour l'obtention d'une image photographique, d'autant plus que toutes autres circonstances restant les mêmes, la durée de pose varie suivant le mode d'utilisation de cette image. En général, cependant, la sensibilité est d'autant plus grande que la teneur en bichromate est plus élevée. Un mélange renfermant 10 de bichromate pour 100 de gélatine exige, pour obtenir sous une échelle photométrique la même intensité d'image, deux fois plus de temps environ qu'une gélatine à 30 0/0 de bichromate ; le même fait se retrouve pour les papiers

(1) Nous recommandons notre régulateur de température grâce auquel la température est maintenue rigoureusement constante, voir *Le Procédé*, octobre 1903.

au charbon : une mixtion sensibilisée dans une solution à 2 0/0 de bichromate demande une pose double d'une mixtion identique sensibilisée en bain à 4 0/0 ; ce fait est admis par tous les auteurs, sans que cependant l'accord soit unanime sur la valeur des rapports de sensibilité. Tous les auteurs s'accordent également pour reconnaître aux mixtions bichromatées une plus grande sensibilité à la lumière que celle des papiers albuminés et analogues ; le rapport de ces sensibilités est difficile à préciser, chacun des deux types de papiers variant avec son mode de préparation, et la sensibilité des mixtions dépendant, pour une bonne part, de la proportion du pigment et de sa nuance ; une mixtion pauvre en couleur peut être deux fois plus rapide qu'une autre riche en couleur ; une mixtion bleue ou violacée peut être deux fois plus sensible qu'une autre rouge ou brune. Il est enfin à remarquer que le rapport des sensibilités de la gélatine bichromatée et des sels d'argent varie avec l'intensité de la lumière. On doit notamment tenir compte de ce fait lorsque l'on veut apprécier la durée des tirages avec un actinomètre garni d'un papier aux sels d'argent : si par exemple 4 degrés de l'actinomètre suffisent pour un tirage à l'ombre, il faudra 5 degrés pour un tirage au soleil, peut-être expliquerait-on cette anomalie par une continuation progressive de l'action de la lumière.

#### INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ SUR LA SENSIBILITÉ DE LA GÉLATINE BICHROMATÉE

Comme nous le faisons précédemment entrevoir, l'état d'humidité plus ou moins grand de la couche a une influence considérable sur sa sensibilité. Nous avons vu que la gelée bichromatée était pratiquement insensible et que la sensibilité à la lumière n'apparaissait qu'en cours de séchage. La pellicule de gélatine séchée à l'air n'est cependant pas exempte d'eau : elle en renferme généralement au voisinage de 14 0/0, proportion d'ailleurs variable avec l'état d'humidité ou de sécheresse de l'air dans lequel elle est conservée. On admet couramment que la sensibilité est d'autant plus grande que la dessiccation est plus parfaite, et en particulier qu'elle est plus grande après 24 heures de séchage qu'après 12 heures seulement : nous montrerons par la suite que le maximum de sensibilité n'est réellement atteint qu'après 2 ou 3 jours, mais le phénomène est complexe et relève en partie de l'insolubilisation naissante.

Pour déterminer l'influence de l'humidité sur la sensibilité, des feuilles de papier au charbon, prises sur le même rouleau, furent sensibilisées sur une solution de bichromate de potasse à 3 0/0, séchées dans l'obscurité à l'air libre pendant 12 heures puis, à ce moment, divisées en trois lots ; l'un fut placé dans un dessiccateur garni de chlorure de calcium desséché, un autre à l'air libre et le troisième sous une cloche dont le fond était rempli d'eau. Ils restèrent ainsi 36 heures puis furent exposés sous des échelles de teintes identiques formées de papiers dioptriques se recouvrant partiellement, puis dépouillés et traités simultanément. Le papier conservé à l'humidité montre nettement une teinte de plus que celui conservé normalement, ce dernier montrant lui-même presque une teinte de plus que celui conservé dans le dessiccateur ; cette expérience, dont les résultats étaient inatten-



du, fut répétée un grand nombre de fois, et fournit constamment les mêmes résultats ; la différence fut encore de même sens, mais plus grande, après 5 jours ; le papier humide était alors en avance d'une teinte sur le papier conservé à l'air et de trois teintes sur le papier desséché, et il ne se dépouillait que dans l'eau chauffée vers 50 à 60° tandis que les papiers secs se dépouillaient vers 30°.

Pour déterminer l'influence propre du commencement d'insolubilisation sur la sensibilité et éliminer l'influence de l'humidité au moment du tirage, les papiers restant de chacun des trois lots furent divisés, le sixième jour, en trois sous-groupes conservés respectivement dans le dessiccateur, à l'air et dans la cloche humide. Le jour suivant, des échantillons de ces neuf groupes furent insolés en même temps sous la même échelle de teintes : le papier conservé tout le temps à l'humidité monta jusqu'au n° 13, celui conservé cinq jours à l'humidité et un jour dans l'air monta jusqu'à 12 et celui conservé cinq jours à l'humidité et un jour dans le dessiccateur ne monta qu'à 10 ; l'échantillon conservé cinq jours à l'air pour un jour dans le dessiccateur s'arrêta à la teinte n° 7, celui maintenu constamment à l'air au n° 6 et les trois échantillons qui pendant les cinq premiers jours avaient été conservés dans le dessiccateur s'arrêtèrent aux teintes 4 et 5.

Il résulte de ces expériences que la gélatine bichromatée est plus sensible quand elle a été conservée quelque temps dans une atmosphère humide, et moins sensible quand elle est conservée dans l'air rigoureusement sec ; dans le dessiccateur, la gélatine devient d'ailleurs si dure et si cassante que le papier ne peut plus être ni roulé ni aplati sans se briser ; remarquons cependant que la gélatine maintenue même une semaine sur du chlorure de calcium n'a pas encore perdu toute son humidité, mais en retient encore de 4 à 5 0/0 qu'elle ne perdrait qu'à 120° ; or, aucune expérience ne peut être effectuée sur de la gélatine aussi complètement desséchée, car le seul fait de chauffer à 120° de la gélatine bichromatée la rendrait complètement insoluble.

De ce qui précède, on peut conclure les règles simples suivantes d'une grande portée pratique :

La gélatine sensibilisée aux bichromates peut être conservée très longtemps sans modification dans une atmosphère desséchée ; avant de l'exposer à la lumière, on doit l'exposer quelque temps dans une atmosphère humide, en l'enfermant par exemple dans une boîte avec une cuvette d'eau, de façon à exalter sa sensibilité et à rendre possible son maniement, en lui restituant sa souplesse ; on ne doit cependant pas l'humidifier au point de la rendre gluante.

Diverses remarques de praticiens se trouvent ainsi confirmées : Jeanrenaud avait constaté qu'un papier trop sec donnait des images plates et que les résultats étaient améliorés en plaçant au dos du papier sensibilisé une feuille de papier légèrement humide ; Liesegang avait reconnu que le papier au charbon est plus sensible par temps humide que par temps sec ; Waldack avait remarqué que la sensibilité dépendait plus de l'humidité pendant le tirage que de l'humidité pendant le séchage.

## INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA SENSIBILITÉ DE LA GÉLATINE BICHROMATÉE

La température n'a que très peu d'influence sur la sensibilité à la lumière de la gélatine bichromatée sèche ; les différences apparentes que l'on peut constater sur les préparations insolées à l'état humide tiennent à l'insolubilisation spontanée, d'autant plus rapide que la température est plus élevée. Les expériences furent faites en exposant simultanément, sous deux échelles de teintes identiques, des fragments d'un même papier au charbon, sensibilisés sur un bain de bichromate à 3 0/0, l'exposition à la lumière étant faite dans deux pièces de même orientation, l'une chauffée à 30°, l'autre à la température de 10°. Les opinions contraires de divers auteurs tiennent, d'une part, comme nous l'avons précédemment montré, à la plus grande sécheresse absolue de l'air pendant l'hiver ; quelque variées qu'aient été les conditions d'expériences effectuées *en même temps* et à *la même lumière*, on n'a jamais pu constater de différence de sensibilité due à la différence de température.

La recommandation générale, et d'ailleurs justifiée, de sensibiliser en solutions de bichromate plus concentrées en hiver qu'en été est imposée non pas par la différence de température, mais par la différence des intensités lumineuses ; on doit, en effet, remarquer que les variations de la lumière suivent à peu de chose près les variations de la température, les mêmes causes qui absorbent la lumière solaire absorbant aussi, presque dans les mêmes proportions, la chaleur solaire. Si l'on employait en été une solution de bichromate aussi concentrée que celle qui fournit en hiver de bons résultats, on n'obtiendrait que des images plates et sans vigueur ; mais les différences sont du même ordre, dans une même saison, le tirage est effectué en lumière solaire directe ou en lumière diffuse. Un même négatif qui, tiré à l'ombre, donnerait une image parfaite sur papier sensibilisé à 5 0/0 ne donnerait, tiré au soleil, qu'une image grise et devrait, pour fournir une épreuve brillante, être tirée sur papier sensibilisé dans une solution à 1 ou 2 0/0.

C'est pour la même raison que l'on recommande fréquemment de tirer au soleil les négatifs faibles et à l'ombre les négatifs durs ; Hannot, dans son traité *de Reproduction des cartes*, a fait la même remarque en ce qui concerne la photolithographie par report d'après papier gélatiné. La différence de température n'influe guère que sur le temps pendant lequel le papier peut être conservé en bon état entre la sensibilisation et le tirage.

## INFLUENCE DU COMMENCEMENT D'INSOLUBILISATION SPONTANÉE SUR LA SENSIBILITÉ

Toute cause, quelle qu'elle soit, d'insolubilisation partielle de la mixtion bichromatée détermine un accroissement de sensibilité ; une longue conservation de la préparation bichromatée, son séjour soit à l'humidité soit à une température élevée déterminent, comme nous l'avons vu précédemment, un commencement d'insolubilisation ; il est donc naturel que l'insolubilisation complète par la lumière

soit plus rapide que dans le cas d'une mixtion restée complètement soluble ; mais il ne s'ensuit pas que les images ainsi obtenues soient nécessairement voilées ; il suffit d'en effectuer le dépouillement à l'eau un peu plus chaude pour avoir des images à la fois très pures et vigoureuses, plus vigoureuses même que celles obtenues sur préparation récente et conservées en état de parfaite solubilité.

Le même accroissement de sensibilité se manifeste lorsque l'insolubilisation préalable est provoquée, soit par une exposition générale de quelques secondes en lumière diffuse, soit par l'addition à la gélatine d'agents de durcissement, alun de chrome, par exemple ; notons cependant que cette addition ne serait pas recommandable dans la pratique, car il devient impossible de prévoir le temps de pose correcte et l'on risque de dépasser le but en rendant tout dépouillement impossible.

Il est intéressant de remarquer que les parties exposées à la lumière sont, après retour à l'obscurité, plus sujettes à l'insolubilisation spontanée que celles maintenues constamment à l'obscurité. Aussi un papier au charbon ou une dalle photographique sous-exposée gagnent-ils en intensité si on les abandonne quelques jours à l'obscurité avant tout traitement. ABNEY a pu, en retardant de quatorze heures le dépouillement, produire des images très complètes avec un temps de pose égal seulement au quart du temps nécessaire si le dépouillement eût été effectué sans délai. On ne peut empêcher cette action continuatrice qu'en éliminant par rinçages prolongés la totalité du bichromate en excès.

(A suivre.)

(Extrait du journal *Le Procédé*).

---



## CONGRÈS DES SOCIÉTÉS SAVANTES. — ALGER 1905

## SOUS-SECTION DE PHOTOGRAPHIE

La séance est ouverte à deux heures sous la présidence de M. RENAUX.

Il est donné communication par M. le président d'une étude de M. A. NODON, en réponse à la 18<sup>e</sup> question du programme de la section des sciences.

M. RENAUX présente ensuite au nom des auteurs l'étude suivante de MM. H. CALMELS et L.-P. CLERC sur *l'accroissement de sensibilité de quelques mixtions bichromatées, sous l'influence de diverses matières colorantes* :

Lorsqu'un colorant sensibilisateur est ajouté à une émulsion aux sels d'argent, on constate deux effets, dont l'un d'ailleurs est la conséquence de l'autre : les radiations les moins réfrangibles du spectre qui n'avaient aucune action sur l'émulsion initiale acquièrent une activité, d'ailleurs variable suivant la nature et la quantité du colorant ajouté ; l'effet de ces radiations venant dans ces conditions s'ajouter à celui des radiations bleues et violettes qui, primitivement, étaient seules à former l'image, la sensibilité générale de la préparation se trouve notablement accrue ; en certains cas, et notamment sur l'émulsion au collodion, les images ainsi obtenues sont plus pures et mieux modelées.

Nous avons recherché si certains colorants pourraient provoquer des effets comparables dans les mixtions bichromatées utilisées dans les opérations industrielles de photolithographie, photozincographie et photogravure, désignées communément sous les noms de « procédé émail » (colle de poisson bichromatée) et de « procédé l'albumine », pour la technique générale desquels nous renvoyons aux traités et bulletins techniques spéciaux.

Toutes les expositions à la lumière ont été effectuées sous un cliché tramé (au collodion) à distance fixe, d'ailleurs assez grande, d'une lampe à arc de faible ampère les charbons brûlant à l'air libre ; la distance et l'intensité étaient réglées de façon à nécessiter un temps de pose assez long, donnant plus de facilité pour les comparaisons ; ces temps de pose étaient de quarante minutes pour l'« émail » et de vingt minutes pour l'« albumine ».

*Erythrosines.* — Nous avons expérimenté les érythrosines RE et BE de la société des matières colorantes de Saint-Denis. Par addition de colorants à l'émail, à raison de 1 gramme par litre de préparation, le temps de pose était abaissé à trente minutes avec le RE et à vingt minutes dans le cas du BE ; doublant cette dose, on arrive avec le BE à 15 minutes de pose ; si l'on dépasse cette dose, la sensibilité diminue considérablement ; la sensibilité ne croît donc pas proportionnellement à la teneur en colorant, mais passe par un maximum, comme dans le cas des émulsions aux sels d'argent où l'on sait que l'excès du colorant sensibilisateur abaisse la sensibilité en produisant l'effet d'un écran coloré interposé, absorbant précisément les radiations auxquelles l'addition dudit colorant avait donné une activité supplémentaire.

L'érythrosine BE, ajoutée à raison de 2 grammes par litre, à la solution d'albumine bichromatée, abaisse le temps de pose à 10 minutes; avec 4 grammes, le temps de pose est réduit à 6 minutes; avec 8 grammes par litre, le mélange perd presque complètement sa sensibilité.

*Eosines.* — Les éosines JE et surtout VE, de la même provenance, donnent des résultats plus intéressants encore.

Avec 2 grammes d'éosine VE par litre d'émail, l'image est complète en 17 minutes, et 10 minutes suffisent quand la teneur en colorant est portée à 4 grammes par litre, dose au delà de laquelle tout accroissement de la teneur en colorant diminue la sensibilité.

Le même colorant, employé à raison de 4 grammes par litre (dose maxima) dans l'albumine bichromatée, abaisse le temps de pose à 10 minutes.

*Remarque.* — Le fait suivant est intéressant à signaler au point de vue de l'application pratique de ces observations.

Dans le cas du procédé émail, les images sont d'autant plus pures et d'autant mieux modelées que l'on a davantage accru la sensibilité de la préparation en lui ajoutant, jusqu'à concurrence de la dose limite, une quantité croissante de matière colorante.

Au contraire, dans le cas du procédé à l'albumine, l'accroissement de sensibilité par addition de colorant fait perdre à l'image la relation correcte des valeurs; ce nouveau mode opératoire ne serait donc en ce cas utilisable que pour les images « de trait », sans demi-teintes.

*Autres colorants.* — Nous avons, au cours de nos essais, expérimenté successivement un assez grand nombre de colorants dont certains, comme les divers violets de méthyle, l'acridine orange NO de Lionharot, etc.; d'autres, comme le bleu carmin V de Meister Lucius et Brüning ou le bleu diamine de Cassella, tout en possédant un effet marqué, se montrent beaucoup moins avantageux que les colorants cités en premier lieu.

Nous nous proposons de compléter ces expériences en recherchant l'application du même principe aux divers autres procédés, utilisant les mixtions bichromatées: photocollographie, photoglyptogravure (héliogravure), papiers dits « au charbon » et photocéramique (par saupoudrage).

M. RENAUX, président, présente ensuite un résumé des connaissances actuelles relativement à l'action des différents rayons du spectre sur les plaques photographiques sensibles, la photographie orthochromatique et les plaques paraissant de sensibilité comparable à celle de l'œil.

La séance est levée à onze heures.

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

*Sur une carte topographique d'une assez grande étendue levée en très peu de temps à l'aide de la photographie.*

A propos de la méthode dite *des parallaxes*, appliquée au lever des plans, à l'aide de la photographie, dont j'ai entretenu, à diverses reprises, l'Académie, je mets encore aujourd'hui sous ses yeux deux vues des environs de la ville du cap de Bonne-Espérance, avec un fragment de carte qu'elles ont servi à construire, ainsi que les images d'un nouvel appareil analogue au *stéréo-comparateur*, exécuté à Londres par la maison Troughton et Simms, d'après les idées de M. FOURCADE, agent forestier au Cap. L'inventeur continue ses expériences délicates dont il m'annonce la publication prochaine, et je me bornerai pour le moment à ces quelques indications.

L'objet principal de la présente communication se rapporte à une application des plus suggestives, pour tous les voyageurs scientifiques, de l'ancienne méthode, la plus simple et la plus générale à la fois, celle des intersections.

Il s'agit de la construction d'une carte, à l'échelle de 1/80000, du mont Argée, en Cappadoce, dont les éléments ont été recueillis en deux mois, juin et juillet 1902, par M. le Dr Arnold PENTHER, de Vienne, chargé par son gouvernement d'une mission qui devait, avant tout, être consacrée à l'étude de la faune dans cette partie de l'Asie mineure. L'œuvre si intéressante de cartographie en question est donc due uniquement à l'initiative du chef de la mission qui y était préparé, croyons-nous, par ses relations avec l'Institut géographique militaire de Vienne. On sait, en effet, que depuis longtemps la méthode photographique est en honneur dans ce grand établissement qui s'efforce de la répandre dans les autres services publics.

Le mont Argée est un volcan éteint couronné par un glacier dont le point culminant atteindrait 4.000 m., d'après l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*. Le Dr PENTHER a réduit cette altitude à 3.830 m. sur sa carte, mais il reconnaît aujourd'hui qu'elle devrait être reportée à 3.905 m.

La surface montagneuse reconnue, et représentée sur la feuille que j'ai fait exposer, est de 600 km<sup>2</sup> à 700 km<sup>2</sup>. La plaine environnante étant à une altitude moyenne relativement faible, de 1.100 m. à 1.200 m., on peut avoir une idée de l'effort qu'il a fallu faire pour réunir, en si peu de temps, et en s'occupant d'autres recherches, les matériaux nécessaires à la construction de cette carte.

Les instruments dont s'est servi le Dr PENTHER étaient d'ailleurs des plus simples; en voici la liste complète :

1° Une chambre noire ordinaire de 211 mm. 5, de distance focale, munie à la hâte, au moment du départ, des organes les plus indispensables pour rendre l'axe optique horizontal et l'élever ou l'abaisser, au besoin, par rapport à la plaque sensible, enfin pour faire tourner l'appareil autour d'un axe vertical. Le champ de l'objectif dépassait à peine 30°; il fallait donc 12 vues pour faire un tour d'horizon;

2° Un petit théodolite qui donnait pour les angles une approximation de 15" sur le cercle vertical et de 20" sur le cercle horizontal;

3° Un ruban de toile armé de fils métalliques de 30 m. de longueur;

- 4° Deux boussoles dont les indications, troublées le plus souvent par l'action des roches volcaniques sur l'aiguille aimantée, ont pu être rarement utilisées ;
- 5° Un baromètre anéroïde ;
- 6° Deux thermomètres ébullioscopiques pour déterminer les altitudes ;
- 7° Deux thermomètres ordinaires.

Une base de 1200 m. de longueur ayant été mesurée dans le voisinage de la petite ville d'Everek, située à 35 km. au sud de Kaisarie (Césarée), c'est-à-dire à l'autre extrémité du massif de la montagne, on a procédé au choix des stations, où l'on devait prendre les vues photographiques et, comme la plupart se trouvèrent très avantageusement situées sur des cônes adventifs de l'ancien volcan, on a pu, en général, y relever des tours d'horizon complets. Sans s'astreindre à les signaler par des pyramides de pierres ou par des perches, de chacune d'elles, avec le théodolite, on a visé sur toutes celles que l'on découvrirait et sur d'autres points remarquables, et l'on a mesuré les angles horizontaux et les angles verticaux, ces derniers pour calculer les différences de niveau.

Après le retour à Vienne, grâce au soin avec lequel avait été tenu le registre des observations, sans prendre la peine de calculer les triangles, on a tracé immédiatement les angles horizontaux sur le papier au moyen d'un rapporteur de 0 m. 30 de diamètre muni d'une règle tournant autour du centre, désigné sous le nom de *transporteur*. C'est ainsi qu'ont été obtenus le réseau des 30 stations photographiques par cinq intersections concordantes, et 366 autres points visés par trois intersections jugées satisfaisantes. Tous les autres points ont été déterminés en projection et leurs altitudes calculées, d'après les photographies, au nombre total de 271.

Ces derniers points sont d'ailleurs généralement vérifiables, leurs images étant bien reconnaissables sur trois épreuves au moins, comme on peut s'en rendre compte en regardant attentivement celles que nous avons disposées sur la carte.

M. le colonel baron von HÜBL, chef de la section technique de l'Institut I. R. d'Autriche-Hongrie, qui m'a fait l'honneur de m'adresser cette carte accompagnée de plusieurs des photographies qui ont servi à la construire, a, en outre, eu la prévenante attention d'y joindre une copie (photographiée) de la minute établie par M. Ignace TSCHAMLER, officier technique très distingué, attaché à cet Institut.

J'appelle tout particulièrement l'attention de l'Académie sur le nombre restreint des épreuves, eu égard à l'étendue du lever, et sur cette circonstance, si avantageuse pour les savants voyageurs qui ne sauraient ou ne pourraient pas trouver le temps de dessiner la carte que, grâce à la collaboration d'habiles professionnels, exercés à la lecture des vues photographiées, ce travail peut être entrepris partout et en tout temps.

Avec un scrupule exemplaire et même trop de modestie, M. le Dr PENTHER, dans une lettre qu'il a bien voulu m'adresser avant la publication officielle de sa carte et du *Mémoire* fait en commun avec M. Ignace Tschamler, qui doit l'accompagner, me signale ce qu'il appelle les faiblesses de son œuvre.

Je ne crois pas nécessaire d'insister ici sur de légères imperfections qui, en réalité, sont devenues insensibles sur une carte exécutée à l'échelle de 1/80000, où les courbes de niveau sont seulement figuratives, les nombreuses cotes d'altitude qui y sont inscrites étant encore exactes à 20 m. près, rapportées à celle qui a été admise pour le repère de Césarée.

Je rappellerai simplement l'incertitude de ce repère coté 1065 m., d'après 31 observations barométriques ou thermo-hypsométriques, par M. le Dr Penther, qui a su, depuis que les ingénieurs du chemin de fer d'Anatolie avaient trouvé 1140 m. par un



nivellement trigonométrique, conduit depuis le bord de la mer et naturellement plus précis.

L'orientation de la carte a été déterminée avec soin par l'observation de l'un des passages de la polaire au méridien, en un point du plateau situé à l'ouest de Derbent, dans la région médiane de la montagne ; mais, faute de chronomètres, il n'a pas été possible de chercher à obtenir des positions géographiques pour les comparer à celles des explorateurs précédents.

M. le Dr PENTHER termine sa lettre en disant, et on peut l'en croire, que, si au lieu d'une entreprise accessoire, le lever photographique du mont Argée avait été l'objet principal de sa mission, s'il eût été mieux outillé (1) et un peu mieux préparé lui-même, il aurait pu réunir, à peu près dans le même temps, des matériaux suffisants pour la construction d'une carte avec courbes de niveau régulières à l'échelle de 1/25000, tout à fait satisfaisantes.

Au surplus, en nous en tenant à la carte au 1/80000, supérieurement gravée d'ailleurs dans le système de la lumière oblique, je suis persuadé que toutes les personnes compétentes qui prendront la peine de l'examiner de près en seront émerveillées et souhaiteront que l'exemple donné par un savant naturaliste soit imité par tous les voyageurs scientifiques, explorateurs, géographes, géologues, etc... (2).

Je m'empresse de reconnaître qu'un assez grand nombre de nos compatriotes ont déjà employé et continuent à employer la méthode photographique avec beaucoup de succès ; mais il est néanmoins à désirer que ces bonnes volontés ne restent pas isolées et que nos services publics ne paraissent pas demeurer étrangers à un mouvement qui se manifeste jusque chez les nations les plus éloignées, lesquelles ne sont pas, pour cela, les moins avisées, on commence à s'en apercevoir.

J'espère que l'on me permettra, à ce sujet, et en terminant, de signaler, en effet, d'après un correspondant de Tokio digne de foi, l'usage que les Japonais font, en ce moment même, de la métrophotographie, après s'en être servi en Corée pour construire des cartes alors qu'ils supposaient avoir à y soutenir la guerre (3).

J'avais cru, et je l'ai dit d'ailleurs (4), que les Russes qui, depuis 10 ans au moins, pratiquent très habilement la méthode, devaient être aussi bien préparés que leurs adversaires, mais j'avais compté sans la négligence d'un état-major qui, d'après des renseignements récents très précis, aurait pour ainsi dire ignoré, ou tout au moins méconnu l'initiative prise par le Service des voies de communication, où la métrophotographie est devenue usuelle, et par l'Académie des Sciences de Saint-Petersbourg elle-même, dont plusieurs membres distingués, MM. TSCHERNYSCHIEFF, le prince

(1) Rien qu'en substituant un objectif grand-angulaire à celui de 30° d'amplitude, on eût gagné beaucoup de temps en réduisant le nombre des photographies.

(2) Pour convaincre les incrédules, j'avais apporté à la séance plusieurs feuilles magnifiques des derniers levers exécutés au Canada dans des conditions analogues à celles qu'indique M. le Dr Penther. Ceux qui les ont examinées ont pu reconnaître qu'il serait impossible de faire mieux par les procédés dits réguliers, qui exigent un temps beaucoup plus considérable et deviennent même impraticables dans les hautes altitudes, où la méthode photographique s'applique, au contraire, parfaitement.

(3) Consulter le n° 43 de la *Photographie française*, octobre 1904, on y verra qu'il ne s'agit pas seulement de photographies plus ou moins documentées, mais d'un service de reconnaissances parfaitement organisé qui met à profit toutes les ressources de la métrophotographie.

(4) Dans une réponse, nécessairement hypothétique d'ailleurs, à la question qui était faite dans l'article précité du n° 43 de la *Photographie française*, et insérée dans le numéro suivant de la même Revue.

GALITZYN et d'autres, ont largement mis à profit les mêmes méthodes dans deux missions célèbres, l'une à la Nouvelle-Zemble et l'autre au Spizberg (1).

(Communication de M. A. LAUSSEDA à la séance du 13 février 1905  
de l'Académie des Sciences).

### **Phosphorescence et photographie (2).**

Dans une note sur *l'action des très basses températures sur la phosphorescence de certains sulfures*, M. F.-P. LE ROUX énonce la proposition suivante : « L'énergie lumineuse potentielle que peut induire dans un corps phosphorescent donné une lumière activante donnée est indépendante de la température, la circonstance température n'influant que sur la vitesse de transformation de l'énergie lumineuse potentielle en énergie lumineuse actuelle. » En appelant l'attention sur cette espèce de mécanisme de la phosphorescence, M. LE ROUX s'était proposé d'orienter les idées vers une théorie dans laquelle la phosphorescence pourrait être attribuée à la présence de petites quantités de matières particulières subissant, sous l'influence de certaines radiations, une transformation physicochimique réversible, se réverbant (l'auteur demande qu'on lui pardonne ce néologisme) lorsque les radiations excitatrices cessent d'intervenir. Il en serait, dit M. LE ROUX, de ces transformations comme de celles qui entrent en jeu dans la photographie : elles s'effectueraient généralement avec une vitesse, fonction croissante de la température. Ce côté de ressemblance des phénomènes photographiques avec ceux phosphorogéniques n'a pas échappé à M. DEWAR dans ses recherches de 1895 sur l'action de la température de l'air liquide. Il constata que la sensibilité des préparations photographiques ainsi réfrigérées diminue considérablement, c'est-à-dire qu'une même source de radiations demande un temps beaucoup plus considérable pour produire une impression déterminée. Dans leur premier mémoire sur *l'action des basses températures*, MM. LUMIÈRE ont indiqué que « en partant de plaques en gélatino-bromure d'argent possédant la sensibilité maximum, ils avaient constaté que, pour obtenir des impressions égales, il fallait un temps d'exposition de 350 à 600 fois plus considérable à — 191 degrés qu'à la température ordinaire. »

(D'après une communication de M. F.-P. LE ROUX à la séance du 23 janvier 1905  
de l'Académie des sciences, C. R., tome CXL, p. 239).

(1) Parmi les nombreuses publications faites en Russie, dont j'ai pu prendre connaissance, en me faisant aider par un officier de mes amis qui sait le russe et comprend le polonais, je citerai seulement les quatre ouvrages suivants, dont les deux premiers sont d'excellents traités élémentaires destinés à guider les débutants, et les deux autres des mémoires contenant de nombreux plans avec courbes de niveau exécutées à de plus ou moins hautes échelles, exclusivement à l'aide de photographies :

THILÉ, *Phototopographie pratique*, Saint-Petersbourg, 1898.

PR DE W. LASKA, *Photogrammétrie*, Lith. de l'École Polytechnique de Lemberg, 1898-1899.

J. CUSCHOWROFF, *Application de la photographie aux projets de voies de communications*, accompagnée de planches où figurent des tracés de chemins de fer, des variantes, des profils, etc. Tiflis, 1898.

Compte-rendu de l'expédition envoyée par l'Académie impériale des Sciences dans la Nouvelle-Zemble, en été 1896, avec 8 photographies et 6 cartes dont les échelles varient de 1/2000 à 1/100000 (*Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Petersbourg*, VIII<sup>e</sup> série : Classe physico-mathématique, t. VIII, n° 4).

(2) Comptes rendus, février 1899, p. 359.



***Etude des photographies lunaires. Considérations sur la marche de la solidification dans l'intérieur d'une planète.***

Dans cette communication, MM. LOEWY et PUISEUX montrent que l'ensemble des faits topographiques mis en lumière au cours de leur travail et notamment dans les deux dernières feuilles du huitième fascicule de l'*Atlas lunaire*, leur semblent apporter un témoignage important dans deux questions souvent agitées : Comment se fait, pour une planète, le passage de l'état liquide à l'état solide ? A quel point de cette transformation la Terre et la Lune sont-elles actuellement parvenues ?

(Académie des Sciences, 23 janvier 1905, t. CXL, p. 492).

---

## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

*De l'altération des épreuves photographiques virées aux ferrocyanures métalliques.*

Le principal reproche fait au procédé de virage en couleurs par les ferrocyanures métalliques est le manque de stabilité des épreuves obtenues.

Cette critique est fondée jusqu'à un certain point. En effet, si certaines photographies restent inaltérées; il n'en est pas de même de toutes: certaines de nos épreuves sont restées intactes depuis quatre ou cinq ans, d'autres, au contraire, sont devenues inutilisables au bout d'un temps plus ou moins long.

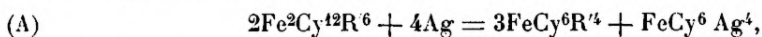
C'est ce qui nous a amené à étudier quelle pouvait être, au point de vue chimique, la cause de ces altérations et jusqu'à quel point il était possible d'y porter remède.

Nos recherches ont porté spécialement sur le virage au ferrocyanure d'urane, elles paraissent applicables aux virages par d'autres métaux.

Nous rappellerons d'abord brièvement la technique du procédé (1):

L'opération consiste à remplacer la teinte noire de l'argent réduit formant l'image par une autre couleur due à un ferrocyanure.

Cette réaction se produit quand on fait agir sur l'argent réduit d'une image obtenue par développement un ferricyanure.



R étant un radical monovalent.

On voit donc que l'on obtient finalement une image formée d'un mélange d'un ferrocyanure métallique produisant la coloration et de ferrocyanure d'argent blanc et opaque:

Ceci posé, voyons en quoi consistent les altérations que peut subir l'épreuve:

1° Il se forme des stries au lavage et au séchage, elles sont dues à la solubilité relativement importante des ferrocyanures dans l'eau, si elle est alcaline surtout;

2° Il se produit des taches, une dizaine de jours après que l'épreuve est collée. Celles-ci sont dues à l'action de la colle.

Ces altérations, connues depuis longtemps, sont faciles à éviter, la première, en apportant les soins voulus au lavage et en essorant les épreuves avant de les mettre à sécher, la deuxième en ne collant que le bord des photographies. Les détails opératoires se trouvent dans les ouvrages spéciaux. En dehors de celle-ci, il existe une sorte d'altération plus difficile à éviter et se produisant du reste régulièrement. Au bout d'un temps assez variable, mais généralement compris entre 3 et 6 mois, les grands noirs commencent à se métalliser; car la réaction semble en quelque sorte s'amorcer et bientôt l'image disparaît complètement faisant place à une tache brune à reflets métalliques.

C'est sur ce phénomène qu'ont été dirigées nos recherches.

Dans le cas du virage à l'urane, l'image est formée de ferrocyanure d'argent et de

(1) Voir les études de L.-P. CLERC, *Bull. Soc. française de Photog.*, 1899. — NAMIAS, *Photographische Correspondenz*, 1894. — NIEWENGLOWSKI, *Chimie des manipulations photographiques* (Gauthier-Villars, éditeur). — L. LEMAIRE, *Nord Photographe*, juillet, 1901.

ferrocyanure d'urane ainsi que l'indique la formule (A). *A priori*, le ferrocyanure d'urane ne semblait pas devoir être mis en cause ; en effet, il est de constitution voisine du ferrocyanure de fer (bleu de Prusse), couleur considérée comme stable. De plus, il existe un procédé de photographie où l'image est formée également par du ferrocyanure d'urane, mais sans addition de sel d'argent ; or, nous n'avons jamais vu d'altération sur des épreuves de ce genre, même après un temps très long.

Il paraissait donc probable que ces inconvénients étaient inhérents au procédé à l'argent lui-même.

Nous avons étudié successivement les différentes causes pouvant amener la détérioration.

*Action de l'hyposulfite restant. Action de l'hydrogène sulfuré.* — On sait que l'hyposulfite d'argent non solubilisé restant dans le dépôt constituant l'image peut donner à la longue du sulfure d'argent détériorant l'épreuve.

Il était donc possible d'incriminer l'hyposulfite.

Nous avons viré à l'urane une épreuve non lavée après le passage en hyposulfite, mais simplement essorée. Le virage s'est mal effectué, les blancs sont restés teintés.

Toutefois, après cinq mois, l'épreuve n'était pas sensiblement altérée, tandis qu'une épreuve témoin, dont l'hyposulfite avait été rigoureusement éliminé à l'hypochlorite de soude était complètement détruite.

Une photocopie virée à l'urane a été exposée aux émanations d'hydrogène sulfuré ; après 24 heures, il ne s'est pas produit de métallisation.

*Action du carbonate de soude.* — Après virage à l'urane, une épreuve a été passée dans une solution de carbonate de soude à 1 gr. par litre pendant 5 minutes.

Une autre épreuve servant de témoin a été simplement virée à l'urane et lavée à l'eau.

Après 15 jours.	Pas d'altération	Pas d'altération
» 1 mois.	Pas d'altération	{ Métallisations dans les grands noirs
» 6 mois.	Pas d'altération	{ Métallisation pres- que totale
» 10 mois. {	Métallisations faibles dans les grands noirs	{ Epreuve détruite

*Action de l'acide nitrique.* Une photocopie traitée comme précédemment par le carbonate de soude a été ensuite passée en acide nitrique à 5 d'acide 36° B. 0/0.

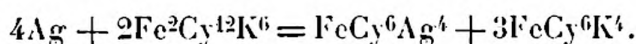
Après 10 mois, elle n'avait pas présenté trace d'altération, alors qu'une épreuve témoin non passée à l'acide nitrique était altérée.

*Action de l'air et de la lumière.* — Une série d'épreuves virées à l'urane ont été divisées en trois parties : la première était exposée à l'air et à la lumière ; la deuxième protégée par une plaque de verre fixée avec des bandes de papier gommé était ainsi à l'abri des influences atmosphériques, enfin la troisième partie était protégée de l'air et de la lumière par une vitre recouverte d'un fort papier noir. Les parties exposées à l'air étaient métallisées, alors que celles qui se trouvaient sous verre n'avaient pas subi d'altération.

L'action de la lumière seule paraît être moins importante et faire simplement foncer les parties exposées à son action au bout d'un temps assez long.

De cette série d'essais il paraissait résulter que la détérioration était due à la présence du ferrocyanure d'argent. On sait en effet que ce corps est peu stable et qu'il éprouve des modifications sous l'influence de l'air.

Pour nous en assurer, nous avons traité une épreuve à l'argent par le prussiate rouge, afin de transformer l'argent constituant l'image en ferrocyanure d'après la formule :



Après lavage, nous avons essayé sur elle l'action de l'air et de la lumière : au bout de peu de temps, les portions non protégées étaient complètement métallisées et prenaient l'aspect des épreuves virées au ferrocyanure.

Comme vérification, nous avons traité une image virée par une solution de sulfocyanure de potassium afin de dissoudre le ferrocyanure d'argent. Ici encore l'expérience a confirmé la théorie : aucune altération ne s'est produite alors qu'une épreuve témoin préparée dans des conditions identiques, mais non traitée par le sulfocyanure, était complètement détériorée.

L'influence du carbonate de soude peut s'expliquer par l'action de ce sel sur le ferrocyanure d'argent ; il se produit vraisemblablement du carbonate d'argent qui, plus stable, résiste à la détérioration.

Celui-ci, traité par l'acide nitrique, donne du nitrate d'argent soluble éliminé par les lavages suivants. Ce qui permet d'expliquer la stabilité des images traitées par le carbonate de soude, lavées, puis passées en acide nitrique.

*Conclusions.* — L'altération des épreuves à l'argent virées au ferrocyanure d'urane est due à l'action de l'air sur le ferrocyanure d'argent restant.

Cette détérioration cesse de se produire si l'on protège la photographie par un verre. Elle n'a également pas lieu si le ferrocyanure d'argent est éliminé par un réactif approprié.

La méthode consistant à traiter l'épreuve par le carbonate de soude puis par l'acide azotique, qui fut préconisée pour l'obtention de blancs purs, a, on le voit, un autre avantage : c'est d'augmenter la stabilité de l'image obtenue.

LOUIS LEMAIRE.

(*Bulletin de la Société française de photographie*, II<sup>e</sup> série, t. XXI, p. 84, 1<sup>er</sup> février 1905).

### ***Une curieuse action orthochromatisante.***

En effectuant un essai spectrographique dans le but de déterminer l'importance de la région spectrale comprise dans les radiations actiniques que devait encore laisser passer un certain écran jaune, je fus bien surpris, lors du développement de l'image négative, de voir se produire un très notable noircissement pour les régions correspondant au vert, au jaune, jusqu'à la raie D du spectre, alors que l'émulsion employée n'était nullement annoncée comme orthochromatique.

Or, la plaque utilisée étant une plaque anti-halo à sous-couche rouge, je me suis demandé si la présence de la matière colorante ayant servi à teindre cette sous-couche n'avait pu agir sur l'émulsion en lui donnant la faculté de s'impressionner à un certain groupe de radiations peu réfrangibles du spectre.

Deux essais identiques effectués au spectrographe avec une émulsion du même type : l'une sur plaque non anti-halo, l'autre sur plaque anti-halo, mais dont la matière colorante rouge était différente de celle de la sous-couche de la plaque utilisée en premier lieu, ces essais, exécutés, dans les mêmes conditions, me donnèrent le résultat prévu, c'est-à-dire une absence de noircissement pour la région verte et jaune du spectre.

Il semble donc *a priori* que l'action de la matière colorante soit manifeste.

Quelques essais m'ayant démontré que cette substance appartenait à la famille des colorants polyazoïques dérivées des diamines benzidines, dont fait notamment partie le rouge Congo, j'eus l'idée d'expérimenter l'action de cette matière colorante en cherchant à l'utiliser pour orthochromatiser une plaque au gélatinobromure d'argent ordinaire : 4 cm<sup>3</sup> d'une solution aqueuse de rouge Congo à 1/1000, additionnés de 2 cm<sup>3</sup> d'ammoniaque 22° et dilués dans 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée ont constitué le bain dans lequel j'ai immergé pendant 2 minutes une plaque Lumière étiquette bleue. Après dessiccation, l'essai au spectrographe m'a montré que l'émulsion ainsi traitée présentait, au point de vue orthochromatique, les mêmes propriétés que ma première émulsion à sous-couche rouge.

A mon avis, l'action orthochromatisante a dû vraisemblablement se produire au moment où, pendant qu'elle était encore fluide, l'émulsion au gélatinobromure d'argent s'est trouvée en contact avec la sous-couche ; une très petite quantité de matière colorante dissoute par l'émulsion a suffi pour donner à celle-ci des propriétés orthochromatiques, faibles il est vrai, mais suffisantes cependant pour pouvoir être nettement décelées par un essai spectrographique.

Dans tous les cas, nous nous trouvons ici en présence d'un curieux phénomène qu'il m'a semblé intéressant de signaler. D'autre part, il nous montre que, dans ce groupe de matières colorantes polyazoïques, il s'en trouve possédant des propriétés orthochromatisantes. Bien que celles du rouge Congo avec lequel j'ai expérimenté ne me semblent pas de nature à rendre son emploi pratique, peut-être est-il d'autres substances appartenant à la même famille, susceptibles de donner d'intéressants résultats ; il y a là toutefois une indication dont il est peut-être bon de tenir compte.

F. MONPILLARD.

(*Bulletin de la Société française de photographie*, II<sup>e</sup> série, t. XXI, p. 88, 1<sup>er</sup> février 1905.)

## BIBLIOGRAPHIE

Dr F. STOLZE. — **Optik für Photographen**, 1 volume de 170 pages. Knapp, éditeur à Halle-sur-Saale.

Cette optique à l'usage des photographes s'adresse, comme la chimie photographique du même auteur, aux personnes n'ayant pas de notions techniques très étendues. Néanmoins toutes les branches de l'optique géométrique, de l'optique physique — à l'exception de la polarisation et de la double réfraction — sont passées en revue ; les quelques calculs que renferme l'ouvrage sont très simples et encore sont-ils écrits en petit texte pour que le lecteur puisse au besoin les passer.

E. TASSILLY. — **Etude des propriétés physiques des alliages métalliques**. N. Joanin, édit., Paris.

On trouvera dans cet ouvrage un intéressant chapitre consacré à l'étude microphotographique des alliages.

Dr W. SCHEFFER. — **Anleitung zur Stereoscopie**.

P. HANKE. — **Die Erstellung von Diapontinen**.

Ces deux ouvrages très pratiques font partie de la *Photographische Bibliothek*, éditée par Gustave Schmidt, à Berlin.

*Le Directeur-Gérant* : CHARLES MENDEL.



# APPAREIL REDRESSEUR DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES

## MÉMOIRE DESCRIPTIF

**Principe.** — Le dispositif qui va être décrit permet de corriger, dans les agrandissements faits à la lanterne, la convergence des lignes verticales provenant d'une inclinaison donnée à l'appareil photographique.

Il se compose de deux châssis à bascule P et Q (fig. 1) pivotant autour de deux axes  $a$  et  $b$ , placés à hauteur de l'axe principal XY de l'objectif O, et reliés de

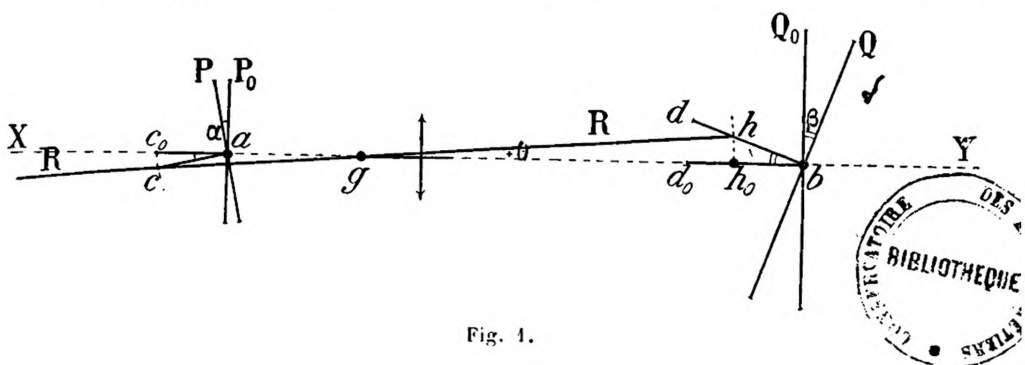


Fig. 1.

telle sorte que, si la mise au point a été faite pour les positions normales de ces châssis  $P_0$ ,  $Q_0$ , elle se conserve quand on fait basculer directement le châssis positif Q.

La liaison mécanique qui existe entre P et Q doit assurer entre les angles de bascule  $\alpha$  et  $\beta$  la relation de mise au point

$$(1) \quad \frac{\operatorname{tg} \alpha}{oa} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{ob},$$

ces angles étant comptés en sens inverse à partir des positions initiales  $P_0$ ,  $Q_0$ .

A cet effet :

Le châssis P porte, perpendiculairement à son plan, une manivelle  $ac$  d'un rayon déterminé  $r$ . Pour la position initiale de ce châssis, cette manivelle se trouve parallèle à l'axe suivant  $ac_0$ .

Le châssis Q est muni d'un bras perpendiculaire  $bd$  d'une longueur notablement supérieure à  $ac$ . Pour la position initiale  $Q_0$  de ces châssis, ce bras se trouve parallèle à l'axe suivant  $bd_0$ .

Autour d'un point  $g$ , placé à hauteur de l'axe principal et tel que

$$(2) \quad og = ac_0,$$

en grandeur et en direction, pivote une règle R qui s'appuie directement sur la manivelle  $ac$  et par l'intermédiaire d'un tenon  $h$  sur le bras  $bd$ .



Dans la position initiale de la règle, son tenon est en un point  $h_0$  tel que

$$(3) \quad bh_0 = ac_0.$$

D'après les conditions (2) et (3), il est évident que l'on a :

$$(4) \quad gc_0 = oa \quad gh_0 = ob.$$

La figure donne en outre

$$(5) \quad \widehat{arc\ cc_0} = ac_0 \times \alpha$$

et d'une manière approchée

$$(6) \quad \widehat{arc\ hh_0} = bh_0 \times \operatorname{tg} \beta$$

$$(7) \quad \frac{\widehat{arc\ cc_0}}{gc_0} = \frac{\widehat{arc\ hh_0}}{gh_0}.$$

En comparant les relations (3) (4) (5) (6) (7), on trouve

$$(8) \quad \frac{\alpha}{oa} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{ob}.$$

Comme l'angle  $\alpha$  est assez petit dans la pratique, on peut confondre l'arc avec la tangente. Par suite les relations (1) et (8) sont équivalentes et la liaison indiquée conserve bien la mise au point.

REMARQUE I. — Des considérations géométriques absolument rigoureuses permettent d'exprimer les angles  $\alpha$  et  $\beta$  en fonction de l'angle de rotation de la règle  $\theta$  au moyen des formules

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\sin \alpha}{\frac{p}{r} - (1 - \cos \alpha)} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \theta}{\frac{r}{p'} + (1 - \cos \theta)}$$

obtenues en posant :

$$oa = p \quad ob = p' \quad ac_0 = og = bh_0 = r.$$

A l'aide de ces formules, on peut prouver que le système de liaison du châssis donne une approximation de mise au point, qui permet d'utiliser toute la précision que comporte une image photographique et justifier par cela même les calculs approchés qui précèdent.

REMARQUE II. — Le dispositif qui vient d'être décrit peut s'appliquer aux appareils de fabrication courante. Dans ces appareils, l'angle de bascule  $d$  sera limité par la largeur de la coulisse. Malgré cette circonstance, ils suffiront largement pour les besoins ordinaires de la pratique.

Si, dans certains cas spéciaux, on était obligé de donner à  $\alpha$  des valeurs assez grandes, on ne pourrait plus confondre  $\alpha$  et  $\operatorname{tg} \alpha$  et il faudrait adopter en  $c$  le même mode de transmission qu'en  $h$ , avec cette seule différence que le tenon

serait porté par un curseur mobile le long de la règle, au lieu d'être fixé à demeure sur cette règle.

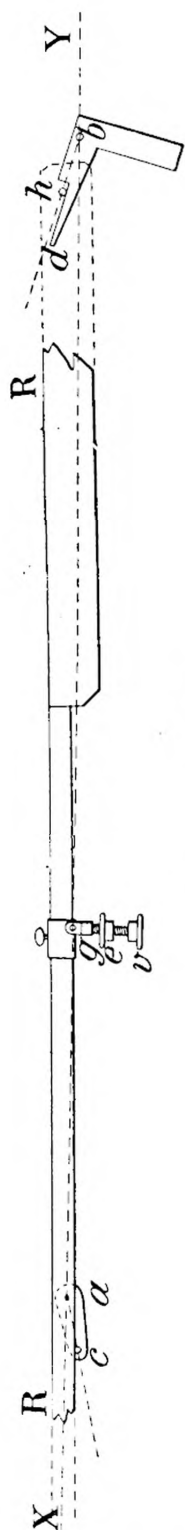
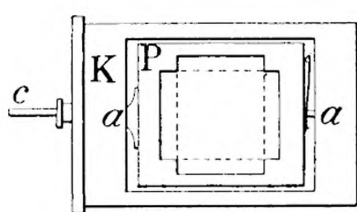
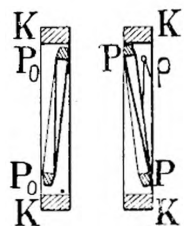


Fig. 6. — Ensemble.  
Élévation longitudinale après le basculement.

**Dispositions pratiques.** — I. Le châssis porte-cliché comprend un cadre fixe K, à l'intérieur duquel pivote le châssis proprement dit, P qui est mobile (fig. 2). Le cadre fixe se coulisce dans la lanterne comme les châssis ordinaires. Pour utiliser toute la largeur de la coulisse dans le mouvement de bascule (qui s'effectue toujours



Elévation postérieure.



Coupe transversale  
montrant les positions  
extrêmes  
du châssis.

Fig. 2. — Châssis porte-cliché.

dans le même sens), la plaque est placée en diagonale dans l'épaisseur du châssis mobile et les bords de celui-ci sont légèrement biseautés. Enfin, ce châssis est disposé pour recevoir à volonté la plaque en hauteur ou en largeur.

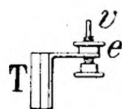


Fig. 3. — Con-  
soles. Élévation  
latérale.

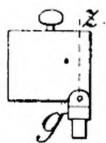


Fig. 4. — Détails du curseur.

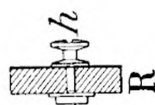
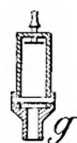


Fig. 5. — Dé-  
tails du tenon  
de la règle.

Quand la règle R n'agit pas sur la manivelle du châssis P, ce châssis est appuyé contre une butée par un ressort antagoniste  $\rho$ . Cette butée est placée de manière que la plaque se trouve verticale pour cette position.

Lorsque la règle R agit sur la manivelle du châssis P, le ressort  $\rho$ , tendant à ramener ce châssis à sa position initiale, assure le contact de la manivelle avec la règle.

II. Le châssis positif Q (fig. 7 et 8) est constitué par une planchette qui peut

Fig. 7. — Ensemble (*Plan*).

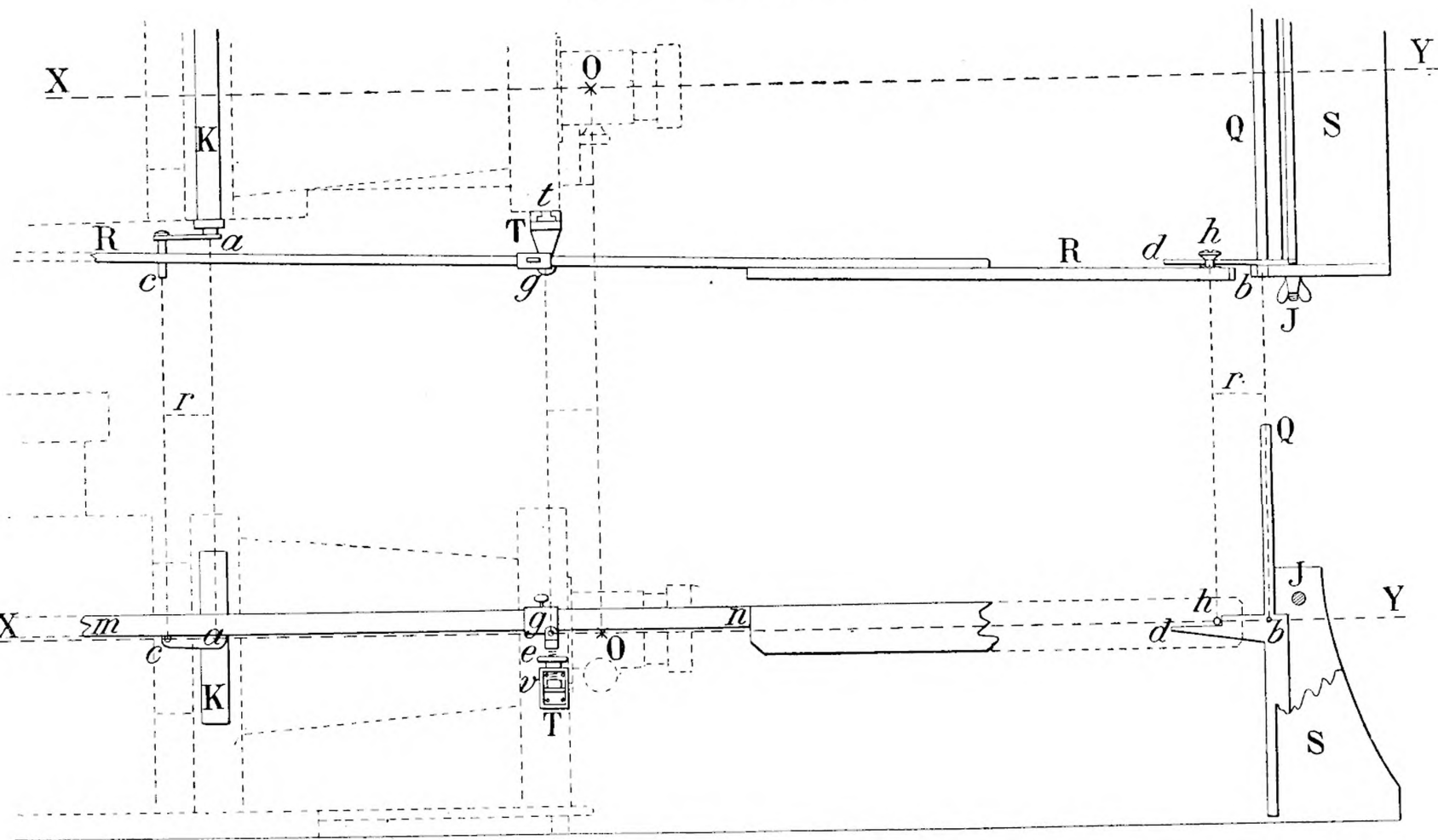


Fig. 8. — Ensemble (*Elévation longitudinale après le réglage*).

tourillonner entre les bras d'un support S. Du même côté que la manivelle *ac* du châssis P, le châssis Q porte une équerre dont l'une des branches forme le bras *bd*. Un ressaut ménagé sur cette branche sert de butée au tenon de la règle pour le réglage.

Un boulon *j*, qui traverse les montants du support S, permet de fixer la planchette dans la position trouvée, en la serrant entre les montants.

Ce châssis peut être fixé, à l'aide d'une petite presse à vis par exemple, à l'extrémité d'une table.

III. Le point fixe *g* est pris sur une console T (fig. 3, 7, 8) qui se fixe sur la planchette porte-objectif par un mouvement de coulisse. A cet effet, un coulisseau *t* est fixé sur cette planchette à l'aide de deux vis. C'est là la seule modification que doit subir la lanterne.

Pour parer aux inégalités de la table sur laquelle reposent la lanterne et le châssis Q, le point d'appui *g* est réglable en hauteur à l'aide d'une vis verticale *v*. Un contre-écrou *e* immobilise la vis après le réglage.

IV. La règle R porte le tenon *h* à l'une de ses extrémités. Ce tenon présente des épaulements qui le maintiennent sur le bras de l'équerre (fig. 5).

La règle s'appuie sur la vis *v* par l'intermédiaire d'un curseur, muni d'une douille articulée, qui vient coiffer l'extrémité de la vis (fig. 4). Dans ces conditions, la règle peut tourillonner :

Verticalement pour la commande des châssis (fig. 6 et 8).

Horizontalement pour prendre l'obliquité, que nécessite la différence de largeur de la lanterne et du châssis Q (fig. 7).

La règle est plus large du côté du tenon *h*, de manière à conserver de ce côté une certaine prépondérance, qui assure l'appui du tenon sur l'équerre.

**Conditions de construction.** — Pour appliquer les conditions théoriques déjà posées, on observera que :

Le point O correspond au plan moyen de la lentille épaisse équivalente à l'objectif quand la crémaillère est au milieu de sa course.

Le plan P au plan d'appui du cliché dans le châssis mobile.

Le plan Q à la face de la planchette qui reçoit le papier sensible.

Le point *a* à l'axe des tourillons des châssis P.

Le point *b* à l'axe des tourillons du châssis Q.

Le point *g* à l'axe de l'articulation de la douille du curseur.

Le point *c* à l'axe de la manette de la manivelle du châssis P.

Le point *h* à l'axe du tenon de la règle.

D'après cela, les conditions de construction sont les suivantes (fig. 8) :

1<sup>o</sup> Lorsque la règle est en place, les points *c*, *g*, *h* doivent être à la même distance du bord *mn* de la partie postérieure de la règle, afin de se trouver toujours en ligne droite.

2<sup>o</sup> En comptant la distance des points *o* et *g* parallèlement à l'axe optique XY, on doit avoir d'après la relation (2) posée plus haut.

$$og = ac_0 = r$$



# DÉTERMINATION PHOTOGRAPHIQUE

## DES

# COURBES DE GIRATION DES NAVIRES

Dans le n° du 30 avril 1905 de la *Photo-Revue*, M. X..., ingénieur de la marine, a consacré quelques lignes à l'exposé d'un procédé photographique depuis longtemps pratiqué pour la mesure du rayon de giration des embarcations à vapeur. M. X... en conclut avec juste raison que la photographie employée comme moyen de mesure des grandeurs géométriques n'est pas chose nouvelle et que le procédé que M. BERTILLON a décoré du nom de *photographie métrique* n'est qu'une rénovation.

Il ne faut pas oublier, dans le rappel de tous ces cas particuliers, que la *photogrammétrie* est d'une ancienneté plus grande qu'on ne se l'imagine généralement. Si je ne craignais pas d'entendre crier au paradoxe, j'ajouterais qu'elle est plus vieille que la photographie même. En effet, le principe est tout entier contenu

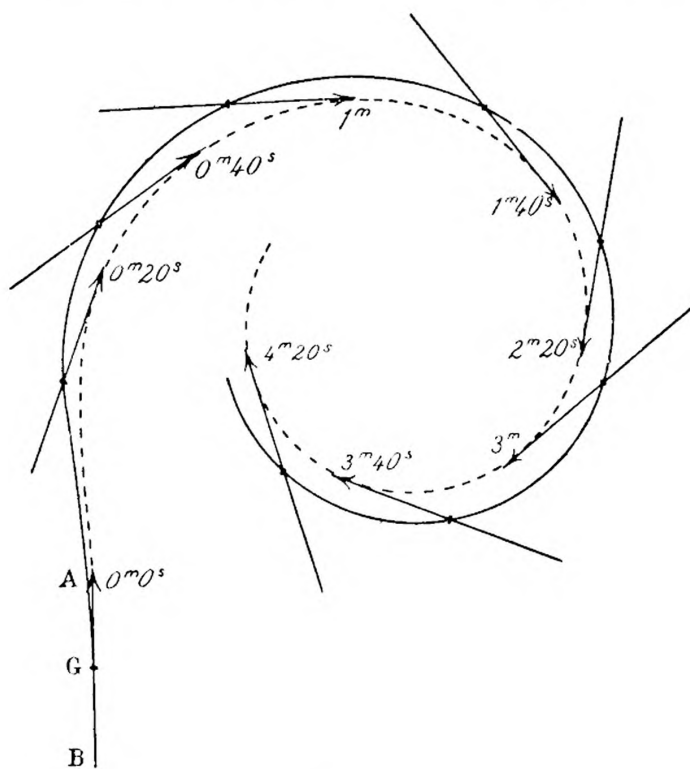


Fig. 1.

dans l'emploi de la chambre claire, imaginé par le colonel LAUSSEDA, l'inventeur même de la *métrophotographie*. La perspective exacte était tracée par la main du dessinateur au lieu de l'être automatiquement par l'action chimique de la lumière. Quand les procédés photographiques se furent perfectionnés et surtout les objectifs



mieux corrigés de leurs aberrations, le colonel LAUSSEDAU substitua tout naturellement la chambre noire à la chambre claire, et la méthode des perspectives fut dotée de l'enregistrement automatique qui en fait le charme et la commodité.

Puisqu'il est question des courbes de giration des navires, j'ajouterai que la photographie permet d'obtenir mieux qu'une détermination grossière du rayon de giration et qu'elle peut se substituer avec avantage à toutes les méthodes encore classiques aujourd'hui.

Sans vouloir m'aventurer trop loin dans des détails techniques, je rappellerai qu'un navire, au moment où l'on met la barre au gouvernail d'un bord, ne décrit pas tout d'abord un cercle parfait. Il y a lieu de considérer : 1° La *courbe de giration* ou trajectoire du centre de gravité, représentée en trait plein sur la figure 1; 2° La *courbe enveloppe des positions successives de l'axe longitudinal du navire*, figurée en pointillé. Cette courbe offre cette particularité intéressante que le point de l'axe qui touche cette enveloppe reste sensiblement le même. Elle offre plus d'intérêt que la première, car elle permet de déterminer les trajectoires des différents points du navire, d'étudier la position du poste de manœuvre, etc.

La photographie permet de tracer ces deux courbes avec une grande précision. J'ai déjà indiqué le procédé, il y a trois ans, à propos de la représentation graphique des diverses phases d'un simulacre de combat entre deux escadres, des exercices d'évolutions d'une force navale, etc. On emploie un simple détective photographique,  $9 \times 12$  par exemple, garni de 12 plaques. On prend une photographie toutes les 20 ou 30 secondes, suivant la durée de la giration.

1<sup>re</sup> MÉTHODE. — *L'opérateur se tient en dehors du bâtiment qui évolue.* — Supposons le navire pourvu d'une mâture; soit  $H$  la hauteur de la pomme du mât  $A$  au-dessus de la flottaison,  $h$  la réduction de cette grandeur sur le cliché photographique. Si  $f$  est la distance focale de l'objectif et  $D$  la distance à l'opérateur  $O$  comptée suivant l'axe optique, on a :

$$D = f \frac{H}{h}$$

L'angle  $\alpha$  que fait la direction  $OA$  avec l'axe optique est donné par la formule :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{f},$$

$a$  étant l'écart horizontal, mesuré sur la photographie, entre l'image du mât  $A$  et le milieu de la plaque.

Si l'on s'arrange pour qu'un point fixe tel que clocher, arbre, rocher, etc., figure sur chaque cliché, l'invariabilité de l'axe optique ne sera pas nécessaire; on tiendra l'appareil à la main et, à chaque nouveau déclenchement, on se contentera de le braquer sur le navire, sans autre précaution que de le tenir à peu près horizontal. On rapportera les angles horizontaux à la direction du point choisi (1).

(1) Si ce point de repère venait à sortir des limites de la plaque pour les positions extrêmes du navire sur sa courbe de giration, à droite ou à gauche de l'observateur, on en choisira un deuxième de telle sorte que les deux points figurent en même temps dans l'une des vues, ce qui permet aisément de passer de la direction origine primitive à la seconde.

Si le navire n'a pas de mâture ou une dimension verticale telle que cheminée suffisamment grande, on opérera d'un poste élevé, par exemple de la hune d'un bâtiment au mouillage. Sur le cliché on mesurera l'écart  $e$  entre la flottaison du navire qui évolue et la ligne d'horizon de la mer. Soit  $E$  l'élévation de l'objectif au-dessus du niveau de la mer. L'angle  $\beta$  que fait la flottaison du navire avec l'horizon est donné par la formule :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{e}{f}$$

Si  $\delta$  désigne la dépression apparente de l'horizon de la mer (1), la distance  $D$ , toujours compte suivant l'axe optique, est alors :

$$D = E \cotg(\beta + \delta) \quad (2)$$

On obtient ainsi la trajectoire décrite par un point invariable du navire, le pied du mât ou le point choisi de la flottaison. Pour avoir la position de l'axe longitu-

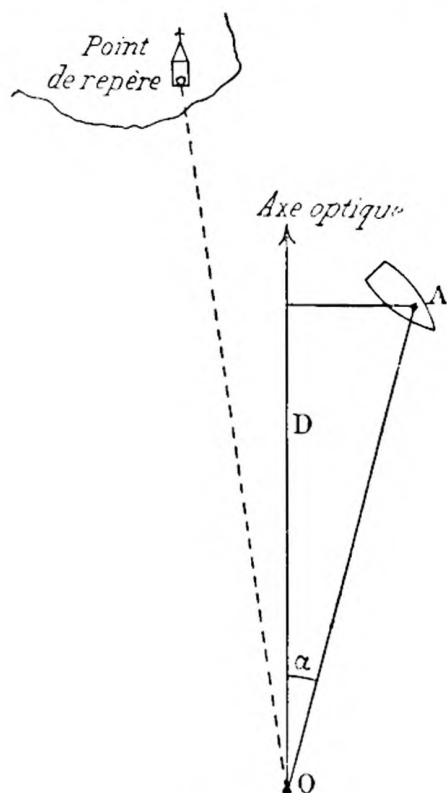


Fig. 2.

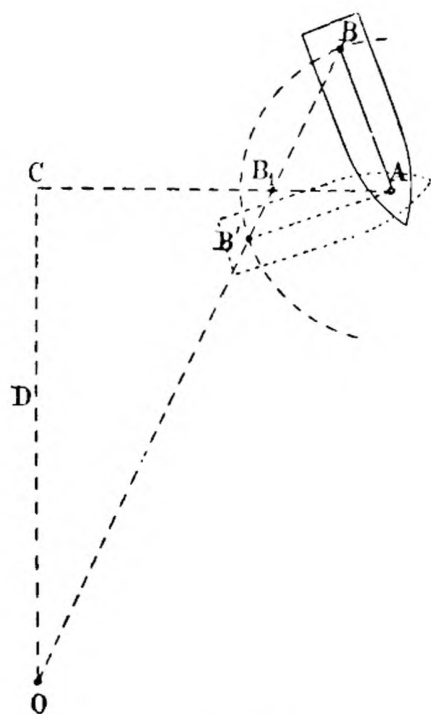


Fig. 3.

dinal du bâtiment, en grandeur et en direction, en chacun des points déterminés de la trajectoire, on opérera de la façon suivante.

On se basera sur la réduction d'une longueur connue du navire parallèle à son

(1) L'angle  $\delta$  est donné en minutes de degré par l'expression  $\delta = 1,8 \sqrt{E}$ ,  $E$  étant exprimé en mètres. On le trouve également dans la table XV de Cailliet ou la table XII de Friocourt vis-à-vis de  $E$ .

(2) Cette seconde méthode sera plus précise que la première lorsque le bâtiment s'incline fortement pendant la giration, ce qui entraîne une erreur sur la réduction photographique de la hauteur de mâture.

axe longitudinal, réduction d'autant plus considérable que le cap du bâtiment se rapproche plus de la direction suivant laquelle est braqué l'appareil photographique. Si le navire n'a qu'un mât, on peut choisir sa distance à la cheminée. Enfin dans le cas où le navire est dépourvu de mâture, on prendra la distance entre l'étrave et l'arrière; ces deux points seront toujours visibles simultanément, puisqu'alors l'opérateur est supposé photographier d'un poste élevé.

Deux méthodes permettent de résoudre le problème : par construction graphique ou par le calcul.

Soit AB la distance entre les deux mâts par exemple (fig. 3). Supposons AB orienté exactement sur le plan; joignons OB qui rencontre en  $B_1$  la perpendiculaire à l'axe optique menée par A.

$AB_1$  a sur le cliché la même réduction  $ab$  que AB et, comme la première longueur est parallèle à la surface sensible, on a :

$$AB_1 = ab \frac{D}{f}$$

D a été calculé précédemment; on mesure  $ab$  sur la photographie, et la règle à calcul nous donne  $AB_1$ . Il ne reste plus qu'à effectuer la construction suivante :

On porte  $AB_1$  sur AC; on joint  $OB_1$ . Du point A comme centre, avec AB pour rayon, on décrit un arc de cercle qui coupe  $OB_1$  en deux points B et B'. AB ou AB' est la position de l'axe longitudinal du navire; l'aspect de la photographie montre immédiatement laquelle des deux solutions est la bonne.

On peut tracer ensuite le contour du bâtiment, à l'échelle du plan, en s'inspirant de ses dimensions et de la position des mâts A et B sur le pont du navire.

La solution par le calcul est un peu plus longue, mais donne naturellement des résultats plus précis.

Désignons par  $\alpha$  et  $\alpha'$  les angles horizontaux que font les directions OA et OB avec l'axe optique (fig. 4). On a :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{ac}{f}$$

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{bc}{f}$$

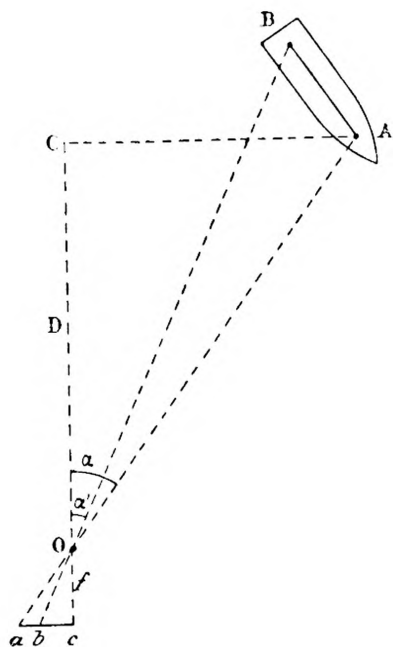


Fig. 4.

Angle  $AOB = \alpha - \alpha'$  (dans le cas de la figure). Le triangle AOB donne :

$$\frac{\sin ABO}{\sin AOB} = \frac{OA}{AB} = \frac{D}{AB \cos \alpha}$$

ou :

$$\sin (AOB + OAB) = \sin AOB \times \frac{D}{AB \cos \alpha}$$

d'où l'on déduit  $AOB + OAB$  et par suite l'angle  $OAB$ , c'est-à-dire la direction de  $AB$ .

On a ainsi tous les éléments nécessaires au tracé des courbes citées plus haut. Le navire étant placé sur le plan dans ses différentes positions, un trait continu joignant la projection du centre de gravité (dont on connaît la situation sur le plan longitudinal) donnera la courbe de giration proprement dite ou trajectoire de ce centre. Le tracé de la courbe enveloppe des positions successives de l'axe longitudinal sera un peu plus délicat, mais s'obtiendra après quelques tâtonnements en menant la courbe tangente aux positions de cet axe obtenues sur le plan.

2<sup>m</sup> MÉTHODE. — *Tracé des courbes de giration en opérant du navire même.* — Il peut y avoir avantage à prendre les clichés du bâtiment même qui évolue. La condition à observer est qu'il y ait un grand nombre de points terrestres en vue pour placer les positions successives du bâtiment et exécuter le tracé des courbes de giration sur une carte à grande échelle.

L'opérateur se placera en un point du plan longitudinal et braquera chaque fois son appareil de façon à faire figurer sur le cliché une portion de l'avant ou de l'arrière du bâtiment en même temps que des points bien visibles à terre et au nombre de trois au moins suffisamment espacés.

La mesure des angles horizontaux effectuée sur les clichés entre ces divers points permettra de placer sur la carte, par segments capables, les positions successives du navire à l'endroit où est placé l'observateur.

Comme on a eu soin de faire paraître sur chaque photographie des points de l'avant ou de l'arrière du navire, leur direction azimutale par rapport à un point remarquable de terre, mesurée sur la photographie, permet de tracer immédiatement la direction de l'axe longitudinal. On obtient ainsi tous les éléments fournis par la méthode précédente, et le tracé des courbes de giration s'effectue de la même manière.

A. L. MÉE,  
*Enseigne de vaisseau.*

---

## MODIFICATIONS APPORTÉES A L'ÉTALON FÉRY A L'ACÉTYLÈNE

par M. F. MONPILLARD

Une flamme d'acétylène brûlant à l'air libre à l'extrémité d'un tube capillaire a été choisie par Ch. FÉRY comme étalon de lumière, en raison de la constance de celle-ci, si le gaz arrive à l'ouverture avec un débit constant.

Au point de vue de la pratique des essais sensitométriques, cet étalon présente de grands avantages, en ce sens que l'acétylène est un gaz très facile à préparer aujourd'hui partout ; sa purification étant aisée, nous pouvons l'obtenir toujours comparable à lui-même ; le débit constant est facile à réaliser ; enfin, considération d'une grande valeur pour nous, l'étude spectrophotométrique comparée de différentes sources lumineuses utilisées comme étalons a démontré à M. FÉRY que la flamme résultant de la combustion de l'acétylène était celle dont la composition spectrale se rapprochait le plus de celle de la lumière du jour.

L'étalon à l'acétylène FÉRY est constitué par un tube de verre effilé, à l'extrémité duquel le jet de gaz acétylène est enflammé ; l'image de la flamme est reprise par une lentille qui la projette sur une fente dont l'ouverture peut, de bas en haut, varier en hauteur, au moyen d'une lame mobile ; sur le plan de cette fente vient se placer une lentille plan convexe ayant pour objet de donner au faisceau lumineux une grande homogénéité.

L'utilisation de cet instrument dans nos premiers essais sensitométriques nous a suggéré quelques modifications destinées à le rendre tout à fait applicable à ce genre particulier d'investigations. Ayant reconnu que la construction de ce tube effilé constituant le brûleur était assez délicate, en ce sens qu'il était assez difficile d'obtenir, en étirant un tube de verre à la lampe d'émailleur, une ouverture d'un diamètre parfaitement constant (1) ; or, de légères différences dans le diamètre de cette ouverture amènent des variations très sensibles dans l'éclat de la flamme.

Nous avons substitué au tube de verre ces becs en stéatite qui, étant fabriqués industriellement et en série, nous ont semblé devoir présenter un diamètre d'ouverture beaucoup plus constant, diamètre qu'il est du reste facile de contrôler avec la plus grande précision par des mesures effectuées au microscope, par exemple.

Le bec que nous avons adopté a une ouverture dont le diamètre est de  $0^{\text{mm}},3$  ; c'est le type vendu comme possédant un débit de 5 litres à l'heure sous une pression de  $100^{\text{mm}}$  à  $110^{\text{mm}}$  d'eau ; il fonctionne sans entraînement d'air.

Ce bec est vissé sur une monture métallique qui s'introduit au lieu et place du tube de verre de l'étalon.

(1) L'expérience nous a démontré que la solution ne peut être trouvée dans l'emploi d'un tube à thermomètre ; si le diamètre de l'ouverture de celui-ci est convenable, dès que sa longueur atteint quelques centimètres, le frottement du gaz le long des parois vient apporter une perturbation telle dans le débit, que la flamme devient inutilisable.

En vue d'éviter la dispersion de toute lumière, autre que celle que doit émettre l'étalon, la flamme est entourée d'une cheminée métallique portant un diaphragme à sa partie inférieure, et surmontée d'une cheminée à chicane.

Suivant la nature de la couche sensible soumise à l'essai, il est souvent utile de pouvoir modifier dans une proportion connue l'intensité lumineuse de l'étalon; pour l'étalon Fery, l'intensité normale étant de  $2/10$  de Carcel, cette modification s'impose en quelque sorte, afin d'éviter d'augmenter la distance entre le sensitomètre et la source lumineuse.

Nous avons dit que, dans le modèle primitif, l'intensité lumineuse pouvait être modifiée en réduisant en hauteur l'étendue de l'image de la flamme, au moyen d'une lamelle obturatrice.

Des mesures photométriques effectuées en donnant à l'ouverture des hauteurs variant dans une certaine proportion, nous ont démontré que l'intensité lumineuse de l'étalon ne subissait pas des modifications du même ordre; en d'autres termes: l'intensité lumineuse ne variait pas proportionnellement à l'ouverture.

Pour qu'un pareil résultat soit possible, il faut que la flamme soit de forme cylindrique; or, il n'en est pas ainsi. Lorsqu'on examine avec soin une flamme d'acétylène brûlant au sortir d'un tube capillaire, on constate en effet qu'elle affecte la forme d'un fuseau. Il en résulte qu'en découvrant successivement de bas en haut une semblable flamme, jusqu'à la mi-hauteur, les plages lumineuses seront de plus en plus étendues, mais la surface de celles-ci ne croît pas proportionnellement avec la hauteur, car la largeur de la flamme augmente, elle aussi, pour diminuer ensuite au fur et à mesure que nous continuons à la démasquer depuis le milieu à l'autre extrémité.

Voici l'artifice que nous avons imaginé en vue de parer à cet inconvénient: l'image de la flamme, qui atteint environ  $3^{\text{mm}}$  dans sa largeur, pour une hauteur de  $20^{\text{mm}}$ , est projetée sur une fente verticale dont l'ouverture est exactement de  $1^{\text{mm}}$ . Il résulte de cette disposition que nous découpons en quelque sorte dans notre flamme un solide lumineux de  $1^{\text{mm}}$  de largeur, celui-ci prélevé dans la portion de cette flamme qui présente un maximum d'homogénéité au point de vue de l'éclat; il est à présumer que cette homogénéité subsistera dans toute la hauteur.

Les variations dans l'intensité de l'état de l'étalon sont obtenues au moyen de deux volets mus dans le sens vertical au moyen d'une même vis à pas contraire, ayant pour effet de les faire s'écarter l'un de l'autre d'une même quantité.

Le pas de la vis étant de  $0^{\text{mm}},5$ , la tête de celle-ci étant munie d'un tambour divisé en 100 parties, un tour entier de la vis correspond à un déplacement des volets égal à  $1^{\text{mm}}$ , deux tours à  $2^{\text{mm}}$ , etc. et ainsi de suite jusqu'à  $10^{\text{mm}}$ , déplacements pouvant être mesurés avec une précision correspondant au  $1/100$  de millimètre.

Attaquant la flamme à la moitié de sa hauteur, nous pouvons ainsi successivement découvrir des plages lumineuses dont la surface est de 1, 2, 3, 4...  $10^{\text{mm}^2}$ .

Etant donné que ces plages sont prélevées dans la portion de la flamme présentant le maximum d'homogénéité, nous avons pensé que leur intensité lumineuse serait proportionnelle aux ouvertures.

Avec un photomètre de LUMMER et BRODHUN et en prenant comme source lumi-



neuse de comparaison celle donnée par un étalon Féry dont l'intensité correspond à 0,2 Carcel, nous avons procédé à des mesures, en vue de déterminer la valeur des intensités lumineuses de l'étalon modifié, lorsque nous faisons varier dans des proportions connues la hauteur de la fente de celui-ci.

Si nous portons en abscisses la valeur des ouvertures, depuis 0<sup>mm</sup> 5 jusqu'à 9<sup>mm</sup>, et en ordonnées celle des intensités lumineuses, puis que nous joignons les points trouvés, nous obtenons une droite.

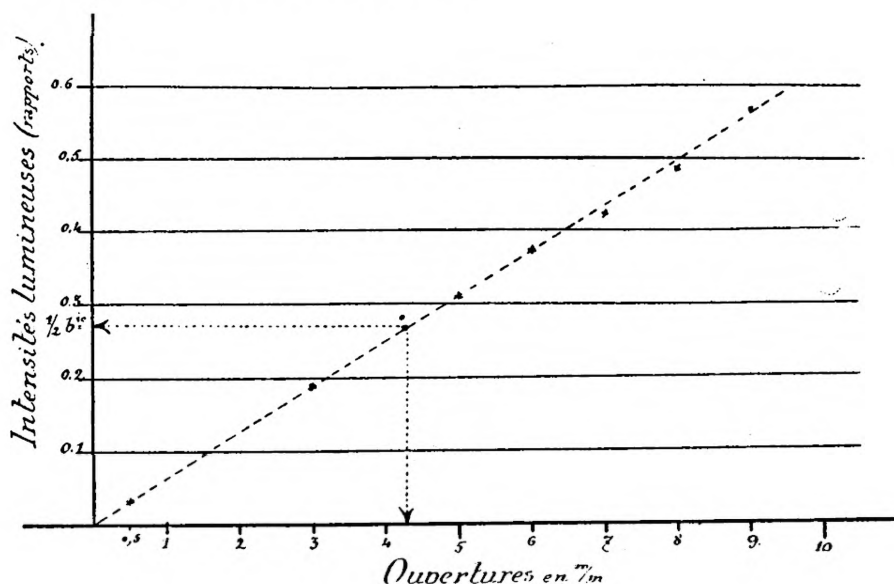


Fig. 1.

Deux points, ceux correspondant aux intensités données par les ouvertures de 7 et 8<sup>mm</sup> ne coïncidant pas avec cette droite nous nous sommes demandé s'il ne s'agissait pas ici d'une erreur résultant de l'incertitude dans laquelle on se trouve au moment de la disparition de la tache dans le photomètre.

A cet effet, le diagramme indiquant que l'éclat correspondant à 1/2 bougie décimale, dans les conditions de l'expérience : ouverture de l'orifice du brûleur 0<sup>mm</sup>, 3, pression du gaz 110<sup>mm</sup>, hauteur de la flamme 20<sup>mm</sup>, devait être obtenue avec une ouverture de la fente égale, en hauteur, à 4<sup>mm</sup>, 3, deux observateurs ont successivement procédé aux mesures ; l'un a trouvé une intensité telle que le point tombait juste sur la droite, l'autre légèrement au-dessus.

Nous pouvons donc pratiquement considérer que, dans l'étalon Féry ainsi modifié, l'éclat des plaques lumineuses est proportionnel à leur surface ; dans ces conditions, il nous semble que cet appareil doit être appelé à prendre place dans les laboratoires où l'on procède aux essais sensitométriques (1).

Dans un autre ordre d'idées, signalons une application importante de cet instrument. Par suite de la blancheur de la lumière qu'il donne, cet étalon est appelé à remplacer l'ancienne lampe étalon Carcel dont la lumière rougeâtre gêne consi-

dérablement les mesures quand il s'agit de déterminer le pouvoir éclairant des becs à manchon incandescent.

Ajoutons enfin que, par suite du peu d'étendue de la plage lumineuse, cet étalon à acétylène présente sur la lampe Carcel le grand avantage de pouvoir être très rapproché du photomètre ou du sensitomètre, sans risquer de nuire à l'exactitude des résultats. Avec la lampe Carcel, il ne saurait en être ainsi, le diamètre de la flamme nous mettant dans la nécessité d'éloigner l'étalon à une distance qui ne doit jamais être inférieure à un mètre.

(1) Il est de toute nécessité que la fente verticale ne laisse passer de la flamme que la partie centrale, l'éclat lumineux du centre aux bords latéraux variant dans une proportion de 40 pour 100 environ.

---

# LA PHOTOGRAPHIE PAR L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE

## SIMPLE OU MULTIPLE

---

Les propriétés avantageuses de l'étincelle électrique comme source lumineuse pour la photographie sont suffisamment connues pour que nous n'ayons pas à en faire ici l'énumération. Mais ce que l'on connaît moins bien, ce sont les merveilleux résultats que l'étincelle électrique permet d'obtenir pour la photographie d'objets animés d'un mouvement très rapide, comme les projectiles des armes à feu par exemple. Le temps de pose minimum dans les vues cinématographiques ou les instantanés ne franchit guère la limite du  $1/2000$  de seconde, or ce laps de temps, aussi bref soit-il, ne l'est cependant pas assez pour être applicable à la photographie des projectiles durant leur trajectoire. L'action lumineuse de l'étincelle électrique ne doit pas dépasser ici  $1/1.000.000$  de seconde, car les projectiles des armes à feu modernes de petit calibre progressent, durant cet instant, de  $3/4$  de millimètre. La seule méthode qui permette d'arriver au but, en la circonstance, est celle employée par L. MACH, à Vienne, en 1887 et plus tard à Pola en 1888, pour l'obtention de ses belles photographies de projectiles, méthode qui consiste en l'utilisation de l'étincelle, produite par la décharge de la bouteille de Leyde.

On peut donc considérer le professeur MACH comme l'innovateur, le créateur de la photographie par l'étincelle électrique. Ses premières théories, ses premiers dispositifs sont encore la base des méthodes modernes plus perfectionnées, et comme elle est indispensable pour la compréhension du système de photographie par l'étincelle multiple, nous allons immédiatement décrire la méthode de MACH.

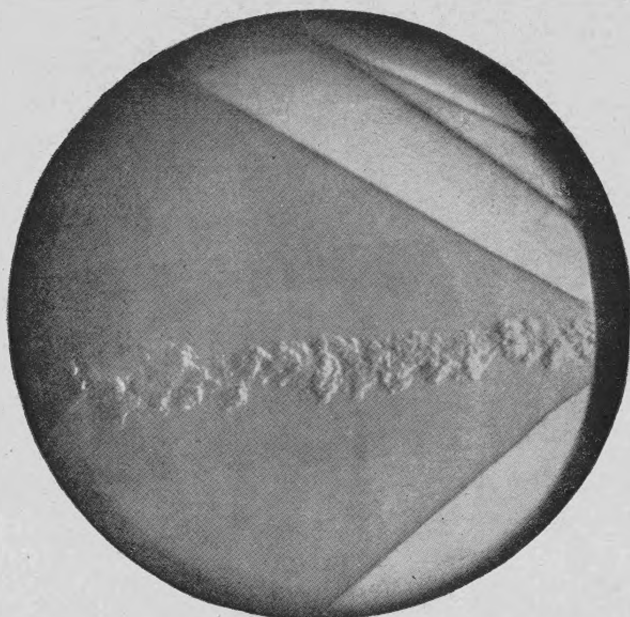
### LA PHOTOGRAPHIE PAR L'ÉTINCELLE SIMPLE

Dans la photographie des projectiles « saisis au vol » on obtient non seulement une image du projectile lui-même, mais la plaque sensible enregistre également l'aspect, l'état du noyau d'air qui entoure le projectile. Pour cela il est indispensable que le dispositif réunisse les qualités suivantes :

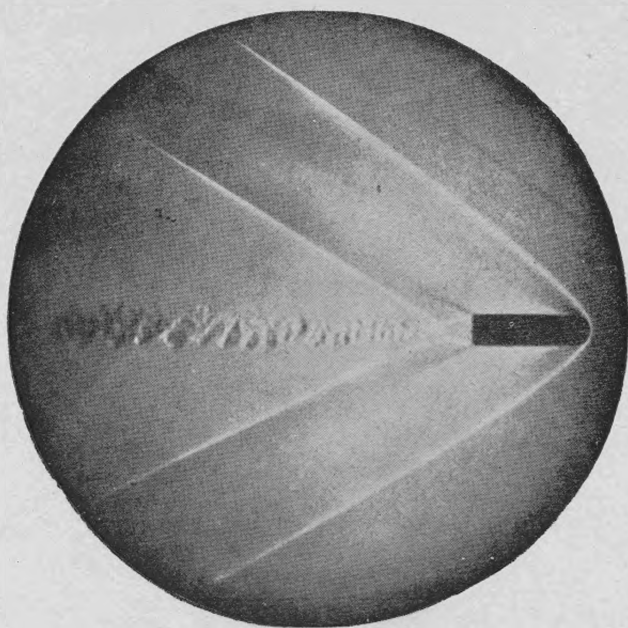
- 1° Adaptation convenable de l'appareil électrique ;
- 2° Construction et disposition appropriée de l'appareil optique ;
- 3° Exclusion de toute lumière étrangère. Donc obscurité complète dans le local où se produit l'impression.

L'étincelle électrique dont la lumière, comme nous l'avons dit, ne doit durer que  $1/1.000.000$  de seconde, jaillit en F entre deux fils conducteurs. La lumière produite par l'étincelle passe à travers le condensateur B et tombe en S sur un miroir

PHOTOGRAPHIES SIMPLES OBTENUES PAR L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE



*Sillon et tête d'onde d'une balle 88.*



*Sillon et tête d'onde d'une balle de fusil d'infanterie prussienne, modèle 88  
 $V = 640$  mètres par seconde. (Réduction à 0,45 de la grandeur naturelle.*





courbe qui la renvoie à travers l'objectif O, sur la plaque sensible placée dans la chambre photographique C (fig. 1).

L'étincelle illumine donc très vivement tous les objets qui se trouvent placés dans le cône d'éclairage SO. Il est évident que c'est la balle, le projectile lui-même qui doit provoquer l'étincelle, si nous voulons qu'elle soit reproduite sur la plaque photographique ; il faut que la balle ferme le circuit au moment précis où elle se trouve dans le cône d'illumination S.O. Pour cela, on fait en sorte que la balle doive traverser une plaque de paraffine A recouverte d'une feuille d'étain sur les deux faces et dont la face supérieure est mise en communication avec la bouteille de LEYDE L et la face inférieure avec le conducteur F. L'une des feuilles d'étain se trouvant ainsi en communication avec la bouteille de LEYDE L et l'autre avec le conducteur F, l'étincelle jaillit au moment où la balle réunit les deux

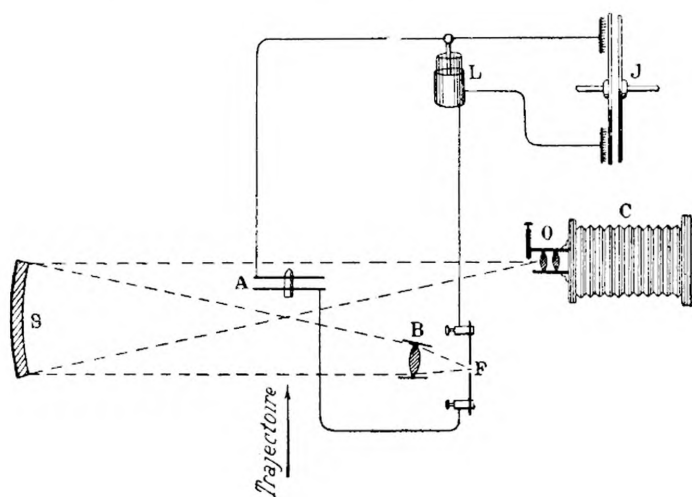


Fig. 1.

feuilles d'étain et diminue ainsi la résistance à l'étincelle. La couche isolante de paraffine s'opposait précédemment au passage de la décharge. L'étincelle jaillit en F et en A au même instant précis et le projectile se trouve donc photographié alors qu'il se trouve en plein dans le cône d'éclairage S. O. Pour compléter ces indications il est à noter que la bouteille de LEYDE et le circuit électrique I. L. A. F. sont chargés par une machine à influence J.

C'est à dessein que j'ai donné ici une description complète de la méthode de MARCH sous sa forme la plus simple, car, comme je l'ai dit, c'est la méthode de MARCH qui constitue la base de tous les autres procédés.

Bien entendu les autres systèmes d'installation ou de fermeture du circuit donnent également de bons résultats. Le Pr MARCH a par exemple employé le dispositif de la fig. 2 pour saisir des instantanés de projectiles absolument libres dans le champ visuel avec le noyau d'air comprimé qui les accompagne.

Pour cela, le dispositif qui provoque l'étincelle est intercalé dans un circuit ILRAFI, de telle sorte que l'étincelle ne jaillit en F que lorsque le projectile a déjà dépassé de 50 cm. environ l'interrupteur A. La fig. 2 nous montre la grande

bouteille de Leyde L reliée à une plus petite l, laquelle décharge son potentiel dans la bouteille L par les conducteurs E, dès qu'une étincelle a jailli en A.

Pour provoquer cette étincelle en A, on fait traverser à la balle un petit tambour en bois T : ce tambour est réuni par une ouverture à un petit tube R se terminant en pointe très fine, pointe située juste devant A. La pointe de tube R débouche dans une petite flamme de gaz. Aussitôt que la balle passe dans le tambour T, il se produit dans ce dernier un vif courant d'air qui se propage dans le tube R : ce tube amène ainsi un courant vif de gaz chaud sur l'interrupteur A. Or les gaz chauds sont excellents conducteurs de l'électricité et une étincelle jaillit immédiatement en A et par suite, grâce à la disposition du circuit qui relie les deux bouteilles de Leyde, une seconde étincelle jaillit immédiatement en F.

Entre le moment où la balle franchit le tambour T et celui où se produit l'étincelle de décharge, il s'écoule un moment très court durant lequel la balle a pu

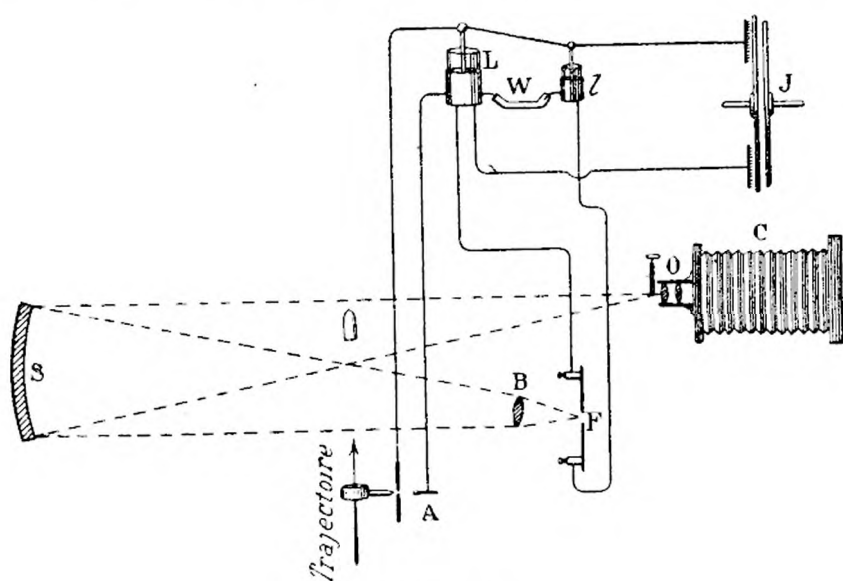


Fig. 2.

parcourir une petite distance : c'est par des essais successifs et en se reportant aux résultats obtenus que l'on arrivera à régler de façon absolument exacte la distance que doit parcourir la balle entre les deux moments précités.

Comme dans le dispositif précédent, la charge du circuit (ILRAFI) est obtenue à l'aide d'une machine à influence I. Pour arriver à charger en même temps les deux bouteilles de Leyde, on réunit leurs deux armatures extérieures par une résistance liquide (eau)  $w$ , qui oppose à la décharge de l'étincelle une résistance plus grande que les conducteurs F.

Avec ce dispositif que nous venons de décrire, on obtient seulement la photographie du projectile lui-même, mais non pas encore celle du noyau d'air qui l'accompagne. Pour arriver à ce dernier résultat il est indispensable d'employer un dispositif autre et de recourir en particulier à la méthode de Tœpler (Schlierenmethode). Cette méthode permet en effet de distinguer les couches d'air, invisibles à l'œil, mais qui, n'ayant pas le même indice de réfraction que l'air ambiant, deviennent susceptibles d'être observées et fixées sur la plaque sensible.

L'espace qui nous est réservé ne nous permet pas de nous étendre sur ce sujet :

la méthode est du reste suffisamment connue pour qu'il soit inutile de nous y arrêter. Il est à noter cependant que les bords du diaphragme doivent être à mouvement micrométrique, coupés à arête vive dans un métal ou l'ivoire et ajustés avec la plus grande précision.

Nous référant encore à la fig. 2, nous trouvons le diaphragme D adapté devant l'objectif O de la chambre C. Après avoir ajusté le diaphragme de façon à le rendre sensible et avoir chargé les bouteilles de Leyde de façon toutefois à ce qu'aucune étincelle ne jaillisse encore entre R et A, on tire à travers le tambour T.

Il en résulte un déplacement d'air et l'étincelle jaillit en A et F, la balle avec le noyau d'air qui l'entoure se trouve vivement éclairée dans le cône SO et fixée en même temps sur la plaque sensible. Les images obtenues ne peuvent être nettes, est-il besoin de le dire, qu'à la condition que la vitesse du projectile soit supérieure à celle du son (340 m. par seconde), car les ondes sonores provoquent également des mouvements, des vibrations de l'air. La balle du fusil de Werndl avec laquelle surtout MARCH fait ses expériences possède une vitesse initiale de 438 m. par seconde, celle du fusil d'infanterie prussienne, modèle 1888, utilisée par le Dr SCHWINNING a une vitesse initiale de 640 m. par seconde et à charge réduite, à 800 m. de distance, sa vitesse est encore de 288 m. par seconde.

Les photographies que nous donnons sont des spécimens de photographies par l'étincelle simple suivant MARCH.

Nous avons l'intention de revenir ultérieurement sur la théorie très intéressante des ondulations de l'air et leur enregistrement photographique.

### PHOTOGRAPHIE PAR L'ÉTINCELLE MULTIPLE

Les épreuves obtenues par MARCH sont des photographies simples : le Dr W. SCHWINNING, ingénieur attaché « l'Institut de Recherches Techniques scientifiques de Neubabelberg, est arrivé à obtenir des épreuves du même genre, mais en série ; c'est-à-dire qu'en l'espace de un millionième de seconde, il parvient à prendre six photographies successives. Cette méthode a été appliquée dans l'Institut précité, en vue d'étudier l'effet des balles de petit calibre dans le corps humain et de fournir ainsi à la chirurgie militaire des indications pratiques et tous les éléments dont permet de disposer l'avancement actuel de la science.

C'est en vue de ce résultat que le système de Schwinning a été particulièrement étudié. Le dispositif ne diffère en somme que très peu de celui de MARCH, mais au lieu d'une plaque, SCHWINNING emploie une pellicule en celluloïde tournant à raison de 4-8000 tours à la minute ; au lieu d'un seul excitateur d'étincelle, il en emploie une série de sept.

Qu'il s'agisse par exemple d'étudier les effets d'un coup de feu sur un os et d'enregistrer la forme, le mouvement et la vitesse de la balle et des esquilles à 1.2-2 m. de l'os atteint, il est indispensable de produire autant d'étincelles et de renouveler autant de fois la surface sensible que l'on veut faire d'observations.

Le Dr SCHWINNING a résolu le problème de la manière suivante. Dans la fig.

3,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ , etc., représentent une série de bouteilles de Leyde dont les armatures extérieures sont reliées entre elles et avec un pôle de l'excitateur F. Les armatures intérieures sont reliées à un autre pôle de l'excitateur F : dans le circuit toutefois se trouve intercalée une série de plaques de paraffine  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , etc., garnies sur les deux de feuilles d'étain. L'os K se trouve dans le cône S. O. La balle traverse donc l'os d'abord, puis successivement les plaques de paraffine. Lorsque la balle arrive à la première plaque A, la première bouteille L se décharge et une étincelle se produit à l'excitateur F. La lumière produite par l'étincelle tombe sur le miroir S, de celui-ci, sur l'objectif O de l'appareil photographique C, illuminant vivement l'os K qui se trouve précisément dans le cône d'éclairage. Le même phénomène se reproduit quand la balle traverse la deuxième plaque, puis la troisième.

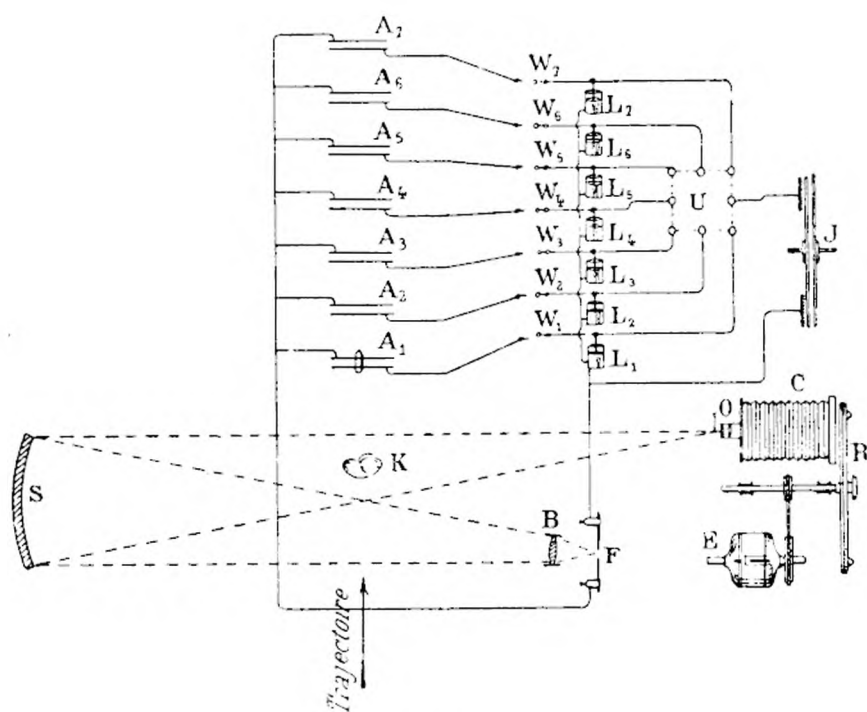


Fig. 3.

Pour obtenir des résultats absolument certains d'empêcher une décharge brusque de toute la batterie, qui ne laisserait plus subsister aucun potentiel pour provoquer les étincelles au passage de la balle à travers chaque plaque A, etc., les armatures  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ , etc., ont exactement le même diamètre de 8 mm. que l'armature de l'excitateur F. Il pourrait arriver en effet qu'une communication permanente s'établît en A, le fluide prenant tout naturellement le chemin qui lui offre moins de résistance, c'est-à-dire  $A_1 L_1$  au lieu de F.

Les bouteilles de Leyde sont chargées par la machine à influence J. En U se trouve un commutateur qui sert à rompre la communication entre la machine et les armatures intérieures de la batterie. La machine à influence utilisée pour ces expériences était celle du type de Wimshurst à plateaux en ébonite de 45 cm. de diamètre. La charge de la batterie était contrôlée au moyen de l'électromètre. Dès que la charge était suffisante, on interrompait la communication entre la machine et la batterie et sur un signal le tir était exécuté. Le commutateur était constitué par de petits godets en ébonite remplis de mercure et réunis par un pont métallique.



Le miroir en verre argenté exécuté par les ateliers de C. ZEISS à Iéna, mesurait 335 mm. d'ouverture et était pourvu d'un mouvement vertical et horizontal de déplacement, par vis micrométrique. Il est bon de remarquer que la moitié seulement de l'ouverture du miroir se trouve utilisée : le champ visuel de ce miroir se trouve donc en réalité réduit à 165 mm. Mais rien ne s'oppose à adapter un miroir de dimensions plus grandes : la question de dépense est seule à considérer.

Il nous reste à décrire le dispositif original et très bien compris qui sert à la prise de la photographie. Il est indispensable que ce dispositif soit établi de telle façon que les images fournies par les étincelles successives ne se recouvrent pas les unes les autres sur la plaque photographique. La surface sensible doit donc se mouvoir elle-même très rapidement. Comme nous l'avons dit déjà on obtient ce résultat en fixant le film sensible sur un disque en acier de 240 mm. de diamètre placé à l'arrière de la chambre photographique et tournant à raison de 4000 à 8000 tours par minute, ce qui donne au disque une vitesse de 50 à 100 m. par seconde. Dans le temps qui s'écoule entre deux étincelles successives ( $1/3000$  de seconde) la surface sensible a donc parcouru un chemin suffisant pour que chaque image tombe sur une surface non encore impressionnée. L'éclair produit par l'étincelle est de si courte durée que l'image est absolument nette malgré le mouvement de la surface sensible. Le laps de temps qui s'écoule entre deux photographies successives est beaucoup moins grand que dans les vues cinématographiques. La comparaison n'est même pas à faire. Rien ne s'oppose à ce que ce temps soit plus court encore : il suffit d'augmenter la vitesse du disque en acier R. Ce disque est mis en mouvement par une courroie portant sur un cône d'entraînement et sur une poulie fixée à l'axe d'un électromoteur E de  $1/3$  Hp. La vitesse du disque est donnée par un compteur de tours. La mise en marche est réglée par la résistance intercalée devant l'électro-moteur, de façon à assurer une mise en marche régulière et sans à coups.

Cette méthode permet de mesurer de façon exacte le temps qui s'écoule entre chaque étincelle, partant chaque photographie. Soit  $n$  le nombre de tours par minute,  $b$  la distance entre deux images successives sur un disque de  $D$  millimètres de diamètre, le temps sera :

$$t = \frac{60 b}{\pi n D} = 19.10 \frac{b}{n D} \text{ secondes.}$$

Pour calculer la distance entre chaque image photographique, on procède de la façon suivante. On trace sur le film en celluloïd un cercle complet au moyen d'une règle plate à biseau portant à une extrémité un cache rond de la dimension de l'image. Cette règle est fixée au moyen d'une pointe verticale au centre du cercle et on fait exécuter un mouvement circulaire au cache de telle façon qu'il vienne successivement recouvrir chacune des images de la série ; on marque le point d'intersection de la règle avec le cercle tracé sur le film : une droite menée entre chacun des points marqués successivement sous-tend un arc de cercle qui nous permet de mesurer exactement la distance entre chaque image.

V. RÜDIGER.

## SOCIÉTÉS SAVANTES

### *Sur l'intensité des impressions photographiques produites par de faibles éclairagements.*

Il a été souvent constaté qu'un éclairagement par trop faible de la plaque photographique ne produit pas d'impression, même après un long temps de pose. Je me suis proposé de déterminer comment varie l'impression photographique quand on fait croître l'éclairagement à partir de cette limite inférieure.

La source de lumière employée est une lampe à incandescence alimentée par une batterie d'accumulateurs. J'ai réglé l'intensité du courant de telle sorte qu'à 6 m. 60 de la lampe, une plaque Lumière (9 × 12, bande bleue) donne après une minute de pose, une impression à peine visible.

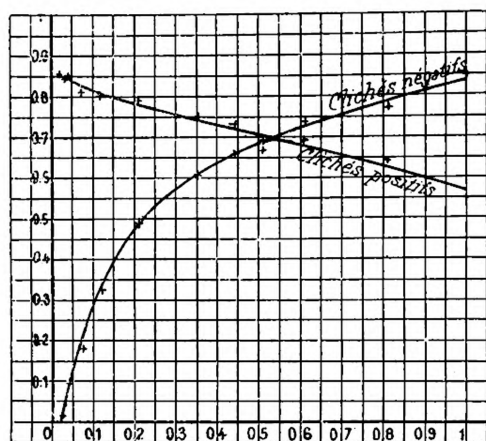


Fig. 1.

J'expose successivement à la lumière de cette lampe 12 plaques provenant de la même boîte. La première plaque est placée à 6 m. 60 de la lampe, et éclairée pendant une minute, les suivantes sont placées à des distances de plus en plus petites jusqu'à 1 mètre, et impressionnées pendant le même temps. Dans chaque expérience, une moitié seulement de la plaque est éclairée, l'autre restant couverte par un écran opaque. Les expériences sont faites dans une chambre noire, dont les parois sont recouvertes d'une peinture au noir de fumée ne diffusant pas de lumière. La lampe est enfermée dans un tube en carton rouge percé d'une ouverture, qui n'envoie de lu-

mière que dans la direction sur laquelle on dispose les plaques. Dans ces conditions, les plaques ne reçoivent que de la lumière venant directement de la lampe et l'éclairage varie en raison inverse du carré des distances. En prenant comme unité l'éclairage de la plaque placée à 1 m. de la lampe, on peut calculer l'éclairage des plaques dans les différentes expériences.

Pour développer les douze clichés, je les place verticalement dans un support à rainures et les plonge en même temps dans un bain révélateur à l'hydroquinone.

Je mesure l'intensité de l'impression des clichés ainsi obtenus en déterminant au photomètre la quantité de lumière absorbée par le cliché. Pour éliminer l'absorption due au verre et à la gélatine, et les pertes de lumière par réflexion sur les faces du verre, j'opère de la manière suivante : Comme une moitié seulement de la plaque a été impressionnée, je mesure la quantité de lumière transmise par cette moitié, soit  $I_1$ , puis la quantité de lumière transmise par la partie non impressionnée, soit  $I_2$ . La

fraction de lumière absorbée par la couche d'argent réduit est  $\frac{I_2 - I_1}{I_2}$ .



Je trace une courbe dont les abscisses sont les éclairéments qui ont produit les photographies et les ordonnées de la fraction  $\frac{I_2 - I_1}{I_2}$ . Cette courbe part d'un point de l'axe des abscisses, dont la distance à l'origine est le plus faible éclairément qui impressionne la plaque en une minute. A partir de ce point, la courbe monte très vite, fait un coude et continue avec une inclinaison beaucoup moindre. De cette forme de la courbe, il résulte que la différence d'intensité de deux clichés, correspondant à une différence d'éclairément donnée est beaucoup plus grande si ces éclairéments sont faibles que s'ils sont grands. Sur l'épreuve négative de la photographie d'un objet, le contraste entre deux plaques peu éclairées sera exagéré. On sait que la photographie donne cependant une représentation suffisamment exacte des différences d'éclairément ; cela peut tenir à ce qu'on ne se sert du cliché négatif que pour obtenir par contact des épreuves positives. Pour savoir si ces dernières conservent, en effet, les grandeurs relatives des éclairéments, j'ai cherché comment variait l'intensité de l'impression photographique sur des épreuves positives des douze clichés négatifs obtenus avec des éclairéments connus.

Dans ce but, j'ai reproduit sur verre, dans un châssis-presse, à 1 mètre d'une lampe à incandescence et avec 1 minute de pose, ces douze épreuves positives. Après développement, j'ai mesuré, comme je l'ai déjà indiqué, l'intensité de ces épreuves. La courbe qui représente les intensités en fonction des éclairéments qui ont servi à obtenir les épreuves négatives, se rapproche beaucoup d'une ligne droite (1). Il y a donc proportionnalité entre les différences d'éclairément et les différences d'intensité des épreuves positives.

En résumé, sur une photographie négative, les contrastes sont exagérés dans les régions très peu éclairées, et atténués dans les régions plus éclairées. Sur l'épreuve positive, les différences d'éclairément sont, au contraire, fidèlement reproduites.

Communication de M. C. GURRON à la séance du 27 février 1905 de l'Académie des sciences.

### ***Sur la photographie de la couronne solaire au sommet du mont Blanc.***

Beaucoup d'astronomes ont cherché à photographier la couronne solaire en dehors des éclipses totales, mais jusqu'alors on n'est pas arrivé à un résultat positif.

Depuis quatre ans, j'ai commencé ces recherches au sommet du mont Blanc, où le spectre de la lumière diffuse du ciel est très faible dans le rouge, par rapport à la partie jaune et verte.

Je me suis basé sur les données suivantes :

1. Les rayons appartenant à la partie rouge du spectre solaire traversent notre atmosphère sans absorption générale sensible, ni dispersion.
2. Le spectre continu de la couronne est très intense dans sa partie la moins réfrangible, comme il résulte des observations faites pendant les éclipses totales.
3. La photographie rend très sensibles les petites différences dans l'intensité lumineuse des objets photographiés.

Il y a des procédés qui permettent d'augmenter encore les contrastes dans les images données par la photographie.

(1) Cette courbe aurait pu être déduite immédiatement de la précédente. Celle-ci donne, en effet, la quantité de lumière absorbée et, par suite, transmise par les clichés négatifs. Cette quantité de lumière est proportionnelle à l'éclairément qui donne l'épreuve positive. La même courbe permet de trouver l'intensité photographique correspondante.

L'ensemble de ces raisons m'a déterminé à chercher à photographier la couronne dans la partie rouge de son spectre.

Dans ce but, j'ai examiné les spectres d'absorption d'un grand nombre de milieux absorbants, notamment les couleurs d'aniline.

1. Les couleurs rouges (type rubis) absorbent le spectre de  $\lambda = 480\mu\mu$  jusqu'à  $\lambda = 600\mu\mu$ , mais laissent passer les parties violettes du spectre.

2. Les couleurs jaunes (type aurantia, orange II) absorbent de  $\lambda = 560\mu\mu$  jusqu'à la fin du spectre.

Cette propriété les rend utilisables pour photographier à l'aide des objectifs visuels.

3. Les couleurs vertes (type vert de malachite) absorbent le spectre depuis  $\lambda = 650\mu\mu$  jusqu'à  $\lambda = 590\mu\mu$  et souvent (vert d'iode) après  $\lambda = 460\mu\mu$  jusqu'à la fin du spectre.

4. Les couleurs violettes (violet de gentiane) absorbent depuis  $\lambda = 640\mu\mu$  jusqu'à  $\lambda = 530\mu\mu$  et quelquefois (violet de méthyle) depuis  $\lambda = 750\mu\mu$  vers le rouge et depuis  $\lambda = 470\mu\mu$  vers le violet.

En combinant d'une certaine façon les écrans colorés par ces couleurs, on peut obtenir une absorption du spectre depuis  $\lambda = 660\mu\mu$  jusqu'à la limite du spectre.

La combinaison des écrans colorés choisie par moi fut la suivante : rubis, orange II, vert de malachite, violet de gentiane.

Pour préparer ces écrans, je trempais, pendant 20 ou 30 minutes, les pellicules Lumière très minces, fixées sans développement, dans une dissolution très épaisse des couleurs correspondantes ; ces pellicules se coloraient alors très uniformément. Elles ont l'avantage d'être superposables et constituent un écran composé assez mince. Je les plaçai au nombre de sept entre deux verres, dont l'un est une glace plane parallèle et l'autre la plaque sensible serrée contre la glace assez fortement, pour que les pellicules ne gâtent pas l'image.

Sur la glace de l'autre côté est collé un disque en laiton noirci, dont le diamètre est un peu plus grand que celui de l'image du soleil au foyer de la lunette.

J'ai examiné beaucoup de plaques sensibles au rouge avant de m'arrêter à celles de Lumière dites panchromatiques et Ilford chromatiques, qui le deviennent plus encore, étant orthochromatisées par les procédés ordinaires.

Invité par M. Janssen à continuer mes recherches au sommet du mont Blanc, j'en ai profité pour faire mes essais de photographies de la couronne avec la grande lunette de 12 pouces placée à l'observatoire du sommet.

Les préparatifs ont été faits à l'observatoire de Meudon, avec l'aide de MM. CUEVALLIER et PASTEUR.

Pendant mon séjour au sommet en 1904, j'ai fait le 3 septembre, avec le concours de M. MILLOCHAU, douze photographies des régions circumsolaires en employant les écrans cités. Pendant ces essais, le ciel était très transparent, il n'y avait presque aucun halo blanchâtre autour du soleil.

Les poses variaient de 30 secondes à 2 minutes, et la disposition des pellicules était changée avant chaque photographie. Après les six premières, toutes les pellicules ont été remplacées par une autre série. Tout ceci pour éviter les taches et les différences de teinte des pellicules qui, sur les photographies, pourraient être prises pour les rayons de la couronne.

Ces douze photographies ont été développées à l'Observatoire de Meudon. Elles ont montré un halo presque uniforme autour du disque solaire. Le positif de la photographie n° 1 est donné sur la planche I (fig. 1).

Pour faire apparaître l'image de la couronne, si elle existe sur cette photographie, je procédais de la manière suivante :

Du négatif donné (premier négatif) a été fait un positif sur une plaque au chlorure d'argent, développée très énergiquement. Le positif sec, on le renforce autant que possible avec l'urane, qui colore encore la photographie en rouge, ce qui donne plus de contraste.

Le négatif (second négatif) obtenu avec ce positif et renforcé, donne presque toujours les détails et les différences de nuance cherchées. Quelquefois on doit aller encore plus loin, c'est-à-dire faire un troisième négatif, puis un quatrième, etc.

J'ai choisi parmi mes douze photographies quatre (les Nos 1, 6, 10 et 12), et je les ai traitées de la manière indiquée plus haut. Les seconds négatifs m'ont déjà montré un halo d'une forme spéciale et très accusée (voir *Pl. I, fig. 2* ; *Pl. II, fig. 1, 2, 3*). On voit sur la pl. I l'énorme différence entre les copies des négatifs, premier et second, de la même photographie. Sur la fig. 1, le halo autour du disque solaire n'a aucune forme déterminée, tandis que sur la fig. 2 la forme de ce halo est tout à fait particulière, très ressemblante à celle de la couronne solaire. Les autres photographies ont donné presque la même forme, quoique la différence du temps entre les photographies extrêmes (n° 1 et n° 12) ait été plus d'une heure. Tout ceci donne une grande probabilité à la supposition que le halo qui est sorti autour du disque du soleil, sur les seconds négatifs de mes photographies, est réellement la couronne solaire photographique en dehors des éclipses.

Il serait très intéressant de continuer ces recherches.

Ce procédé peut être encore amélioré par l'emploi d'autres couleurs mieux choisies, par l'augmentation du nombre des écrans, par l'emploi de plaques plus sensibles pour le rouge, et alors on arrivera à photographier journellement la couronne solaire.

En changeant un peu ce procédé, surtout par l'emploi de plaques très sensibles au rouge près de C, on pourra photographier les protubérances solaires avec les lunettes ordinaires. Je reviendrai sur ce sujet quand j'aurai obtenu des résultats positifs.

J'adresse ici à M. JANSSEN mes vifs remerciements pour ses savants conseils et son assistance qui m'ont été d'une si grande utilité, et pour la permission qu'il m'a donnée de me servir de la lunette de l'Observatoire du mont Blanc, dont la haute situation astronomique offre des conditions si exceptionnelles de raréfaction et de pureté atmosphériques.

(Communication de M. A. HANSKY à la séance du 20 mars 1905  
de l'Académie des Sciences).

### **Remarques sur la reconnaissance de la couronne solaire en dehors des éclipses totales.**

Dans une note récente (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 768, 20 mars 1905), M. HANSKY, décrit des expériences fort intéressantes faites, l'année dernière, au mont Blanc, pour photographier la couronne solaire.

HANSKY s'est servi du grand réfracteur à deux verres, de 0 m. 30 d'ouverture, installé dans l'observatoire du sommet, qui reçoit la lumière des astres, réfléchi par un miroir plan argenté de 0 m. 40. La plaque photographique, sensible au rouge, est placée au foyer de l'objectif, recouverte par des écrans minces, colorés et combinés de manière à ne laisser passer que les rayons rouges extrêmes, au delà de la longueur d'onde 660. L'image du disque solaire, très brillante, est arrêtée par un écran circulaire en laiton noirci, superposé aux écrans précédents et un peu plus large que l'image.

Le négatif obtenu, après une pose variable de 30 secondes à 2 minutes, montre un

halo uniforme du cercle en laiton. Pour tirer de cette épreuve la couronne, HANSKY fait plusieurs positifs et négatifs successifs de manière à augmenter les contrastes, et finalement s'arrête à une image reproduite dans les *Comptes rendus*, qu'il donne comme représentant avec une grande probabilité la couronne même du Soleil. Cette image montre des plages lumineuses, jusqu'à une distance égale au tiers du diamètre solaire et donc s'étend jusqu'à une couronne extérieure.

Cependant, le résultat ainsi présenté prête à la critique, d'autant que le dispositif expérimental employé n'est pas assurément le plus convenable pour le but à atteindre. Je suis conduit à présenter quelques remarques.

La photographie directe de la couronne solaire en dehors des éclipses est une question déjà ancienne, qui a suscité de nombreuses recherches. Le premier essai a été fait par sir HUGGINS en 1882, avec un miroir métallique et l'emploi exclusif des rayons violets (1). Les images circumsolaires obtenues avaient les formes coronales observées dans les éclipses et, à de courts intervalles de temps, étaient semblables ; mais leur origine solaire a été démentie par les expériences systématiques faites dans des stations de grande altitude, et pendant l'éclipse de 1886.

J'ai fait moi-même, en particulier, quelques petits essais en 1893, avec des méthodes différentes ; ces tentatives et l'étude théorique des conditions du problème m'ont conduit à la conclusion suivante (*Bulletin astronomique*, février 1894, p. 66, et *Observation de l'éclipse totale de 1893*, Gauthier-Villars, 1896, p. 72) : la recherche doit être tentée avec des rayons de longueur d'onde aussi grande que possible, rouges et surtout infra-rouges. Car, la lumière diffuse de notre atmosphère, qui est le principal obstacle, décroît à peu près en raison inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde. Si l'on représente par 1 la proportion de lumière solaire diffusée dans le violet extrême ( $\lambda = 0\mu, 4$ ), la proportion tombe à  $1/16$  dans le rouge extrême ( $\lambda = 0\mu, 8$ ) et à  $1/256$  et  $1/3796$  pour les rayons infra-rouges ( $\lambda = 1\mu, 6$  et  $\lambda = 3\mu, 2$ ).

Dans cet ordre d'idées, la recherche de la couronne a été poursuivie, en 1895, par Hale, avec un bolomètre et l'ensemble des rayons solaires, puis par moi-même, en 1900 et 1901, avec une pile thermo-électrique et les rayons infra-rouges voisins de  $\lambda = 1\mu, 4$ . Les résultats sont nuls, ou incertains, ou insuffisants : car les appareils employés, qui comportent un galvanomètre, ne peuvent donner, de toute façon, qu'une image très grossière de la couronne. D'autre part, les plaques photographiques, sensibles à l'infra-rouge, qui fourniraient une bonne solution, font défaut jusqu'à présent.

C'est ainsi que HANSKY, dans ses essais de l'année dernière, a dû se borner aux rayons rouges, et à l'emploi des plaques du commerce, sensibles à cette couleur. Mais l'emploi exclusif du rouge extrême est déjà un avantage ; de plus, par le choix d'une station élevée, il a diminué fortement le principal obstacle qui est la lumière de notre Ciel.

Par contre, et c'est là le point sur lequel je veux insister, il n'a pas, à mon avis, cherché à réduire au minimum un autre obstacle important qui est la lumière diffuse de l'appareil.

HUGGINS, dans son premier travail, a signalé l'importance de la lumière parasite développée dans l'appareil ; j'ai insisté moi-même longuement sur ce côté de la question.

La grande difficulté du problème tient à l'énormité de la lumière solaire, par rap-

(1) Les rayons violets ont été employés seuls, parce qu'ils avaient paru relativement plus intenses que les rayons des autres couleurs dans la couronne de l'éclipse de 1882.



port à la couronne. On admet, en général, que 600.000 pleines lunes valent le soleil entier et que trois pleines lunes seulement représentent la couronne totale (1). Donc, le soleil peut être considéré comme égal à 200.000 couronnes.

Or, dans leur trajet jusqu'à la plaque photographique, les rayons du disque solaire, lorsqu'ils rencontrent une matière quelconque, lui abandonnent une petite partie d'eux-mêmes par réflexion, réfraction, diffraction, diffusion, absorption ou phosphorescence ; et ces petites parties accumulées forment une lumière déviée, d'intensité notable, qui, se superposant à la couronne, la masque facilement.

Prenons, par exemple, l'objectif à deux verres, et à quatre surfaces, de l'observatoire du mont Blanc. Chacune des quatre surfaces réfléchit une partie de la lumière solaire et la renvoie vers le ciel ; mais cette partie peut être réfléchi une seconde fois, et ramenée vers la plaque. On calcule aisément que la lumière doublement réfléchi, renvoyée vers la plaque, représente environ la centième partie de la lumière totale. Dans le cas qui nous occupe, cette lumière parasite est donc égale à 2000 couronnes. Elle n'est pas, il est vrai, concentrée tout entière sur la plaque (2) ; mais si, elle ne masque pas complètement la couronne, elle en diminue tout au moins fortement les contrastes, déjà faibles par eux-mêmes ; elle est surtout nuisible à la couronne extérieure (beaucoup plus faible que l'intérieure) et aux rayons coronaux, qui constituent la partie la plus intéressante et la seule, vraiment digne d'être recherchée.

À la lumière réfléchi, s'ajoute la lumière diffusée par l'appareil, due aux quatre surfaces de l'objectif, à la surface plane argentée du miroir, à tous les défauts de la masse intérieure dans les deux verres, tels que les petites bulles ; à la fluorescence et à la phosphorescence spéciales au crown et au flint-glass. Le halo résultant est, comme la couronne, plus lumineux près du bord solaire ; il est variable avec le poli spéculaire et la propreté des surfaces, avec la nature et la qualité des verres, et donc ne peut être calculé à l'avance. Mais, comme il peut être très supérieur à la couronne elle-même, il me semble nécessaire de mesurer directement son intensité dans une expérience préalable, avant d'employer un objectif ou un dispositif quelconque à la recherche délicate de la couronne.

Le simple miroir concave, poli avec grand soin, employé en 1883, par sire HUGGINS et dirigé directement vers le ciel, est donc bien préférable au système précédent avec objectif à deux verres (3) et miroir auxiliaire. On pourrait aussi employer une lentille simple de quartz, que j'ai déjà recommandée en 1893 (4).

Dans son expérience, HANSKY arrête sur la plaque l'image intense du disque solaire

(1) La couronne totale a été trouvée le plus souvent inférieure à trois pleines lunes, et même parfois à une seule pleine lune.

(2) Si l'on connaissait les courbures et les indices des deux verres de l'objectif, on pourrait calculer la quantité exacte de lumière solaire doublement réfléchi qui arrive sur la place à l'emplacement de la couronne. Il sera bon de faire ce calcul qui donnera la valeur exacte du dommage.

(3) Le poli optique, comme on sait, est considéré comme plus facile à réaliser avec les lentilles qu'avec les miroirs ; car la différence de marche, due à une petite aspérité de la surface, est environ quatre fois plus grande pour le rayon réfléchi que pour le rayon réfracté. Mais, à égalité de poli des surfaces, si l'on tient compte de tous les éléments, la quantité de lumière diffusée par réfraction sur quatre surfaces est supérieure à la quantité diffusée par réflexion sur une seule.

(4) *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 127. — Le quartz prend un très beau poli et est exempt de phosphorescence. Le faisceau doublement réfléchi, qui est unique, peut être arrêté par un diaphragme.

par un écran métallique noirci ; mais, avec une pose poussée jusqu'à 2 minutes, cet écran doit s'échauffer, échauffer l'air ambiant et produire un trouble sérieux des images coronales, dont les contrastes sont par eux-mêmes faibles. Je propose de le remplacer par un petit miroir, légèrement incliné sur la plaque, qui réfléchirait les rayons du disque non vers l'objectif, mais vers les alentours, et éviterait en partie l'accumulation de chaleur près de la plaque. Une solution meilleure, comme on le verra plus loin, consiste à écarter complètement la lumière du disque solaire.

De plus l'image finale de la couronne est extraite en quelque sorte du négatif original par une série de positifs et de négatifs ; or, ces opérations successives inspirent une certaine défiance. Sur ce point encore, il me semble nécessaire d'organiser des expériences préliminaires, faites dans le laboratoire avec deux sources lumineuses, l'une forte, semblable à un halo, l'autre faible, semblable à la couronne, et superposées sur la même plaque. Les négatifs obtenus, avec des rapports variables entre les poses des deux sources, seraient traités comme ceux de la couronne solaire, ce qui permettrait de reconnaître dans quelles limites la méthode est applicable.

HANSKY, il est vrai, appuie sa conclusion sur ce fait que deux plaques exposées au mont Blanc, à 1 heure d'intervalle, ont donné sensiblement le même résultat. L'argument a sa valeur, mais un intervalle de 1 heure est-il suffisant ? Les conditions de l'expérience, et, en particulier, les lumières étrangères à la couronne ont dû varier très peu dans ce court intervalle.

Si le 30 août prochain, lors de l'éclipse totale visible en Europe, le temps est beau au mont Blanc, on aura une bonne occasion de juger la méthode et le dispositif de M. HANSKY ; mais auparavant on peut les soumettre à une première vérification, facile à réaliser, en cherchant à photographier non pas la couronne, mais les protubérances.

Les épreuves directes des éclipses totales, faites avec une faible pose, montrent les protubérances très intenses, et la couronne intérieure plus faible, jusqu'à 2' ou 3' du bord ; la différence est la même avec l'observation oculaire. Or, les écrans colorés employés, l'année dernière, par HANSKY, absorbent toute la lumière de longueur d'onde inférieure à 660 et dont la radiation rouge C de l'hydrogène, émise fortement par les protubérances, et de longueur d'onde égale à 656. Il suffit de les modifier légèrement pour que l'absorption commence seulement à 640. L'image devra alors comprendre les protubérances que l'on peut, d'autre part, relever au spectroscopie.

La photographie directe des protubérances, sans l'intermédiaire du spectroscopie, serait déjà un résultat fort important ; et, si elle était réalisée, elle serait un encouragement sérieux pour la recherche de la couronne moyenne et extérieure, plus difficiles à obtenir, parce qu'elles sont beaucoup plus faibles.

En résumé, dans le problème qui nous occupe, l'un des grands obstacles est la lumière étrangère développée par la lumière du disque dans les appareils employés jusqu'ici. Je suis conduit à indiquer un dispositif très simple, facile à organiser partout, qui écarte complètement la lumière du disque et évite la plupart des difficultés précédentes.

Il suffit d'avoir un petit cercle opaque, large par exemple de 30 mm. et de le diriger vers le soleil de manière que la perpendiculaire au milieu du cercle passe par le centre de l'astre ; en arrière, à 3 mm. sur cette perpendiculaire, on place un œillette muni d'écrans colorés, qui ne laissent passer que le rouge extrême, et l'on regarde le ciel derrière l'œillette. Le petit cercle, qui a le même angle apparent (30' d'arc) que le soleil, le masque entièrement et l'on n'aperçoit que les alentours du soleil en lumière rouge. Ce petit appareil, extrêmement simple, peut, pour les raisons développées plus



haut, donner la couronne plus sûrement que le grand sidérostат polaire du mont Blanc.

On peut d'ailleurs substituer à l'œil un appareil photographique. On remplace, par exemple, le cercle de 30 mm. par un cercle de 40 mm., et l'ocillet par un objectif large de 10 mm. (différence entre 40 mm. et 30 mm.) et de distance focale égale à 200 mm. ou 300 mm. Dans ces conditions, l'objectif et la plaque ne reçoivent aucun rayon venant du disque solaire ; ils sont illuminés seulement par les alentours immédiats du soleil. L'objectif est couvert, partiellement pour les points de 0° à 5' du bord, et complètement pour les points plus éloignés.

L'image obtenue, certes, est petite ; mais elle est pure de tout mélange, autant que possible. La seule lumière étrangère qui subsiste est la lumière diffuse du ciel.

Celle-ci peut, d'ailleurs, être mesurée directement ; je propose de joindre au petit appareil précédent un petit photomètre qui donne l'éclat de la région circumsolaire par comparaison avec une lampe-étalon. La photographie de la couronne sera tentée seulement si l'éclat mesuré n'est pas trop supérieur à l'éclat de la couronne observée dans les éclipses totales. Cette opération préliminaire sera très utile avec toutes les méthodes et tous les dispositifs.

La lumière circumsolaire varie avec les stations, avec les heures et les jours dans chaque station. Le 3 septembre, jour des essais de M. Hansky au mont Blanc, un léger halo blanchâtre était discernable autour du soleil ; il semble difficile, en effet, même à 4.800 m. d'échapper, sous nos latitudes, aux cirrus et aux aiguilles de glace dont la hauteur moyenne atteint 9000 m.

Mais, peut-être, avons-nous à notre portée des stations plus favorables à ces études, où le ciel est moins variable et moins chargé de cirrus, et dont l'accès, d'autre part, est plus facile. En particulier, les hauts plateaux et le désert de l'Algérie, sur lesquels j'ai déjà appelé l'attention, offrent des conditions exceptionnelles pour les observations astronomiques, surtout dans la province d'Oran. Je propose que l'on entreprenne la reconnaissance sérieuse de cette région, reconnaissance appuyée sur des mesures photométriques précises de la lumière circumsolaire.

(Communication de M. H. DESLANDRES à la séance du 10 avril 1905  
de l'Académie des Sciences.)

### **Recherches expérimentales pour la représentation de la fonction photographique, par A. GÜEBHARD.**

Du fait seul que l'allure générale de la fonction photographique est assez bien connue, dans sa partie moyenne, pour qu'il soit constant qu'après avoir atteint un certain maximum, elle redescend vers zéro, il résulte la possibilité d'expliquer, sans autre recours, tous les cas plus ou moins improprement dits de *renversement*, de *destruction* ou encore de *continuation*.

Il est vrai qu'après d'autres, certaines expériences de M. BOUASSE ont mis en doute l'existence d'une courbe énergétique unique, telle que la voudrait le *postulatum* de la proportionnalité des impressions au simple produit des intensités d'excitation par les durées. Et cela justifie la répartition qu'avait faite M. GÜEBHARD, sur une courbe décroissante, des maxima des courbes représentant les valeurs d'impression en fonction du temps d'excitation, pour des intensités diverses de celle-ci.

Mais plus cela complique les expériences, en commandant la recherche d'autant de courbes qu'il y a de modalités d'énergie, et plus il importe d'être fixé préliminai-

rement sur le mouvement de la courbe synoptique vers ses extrémités. Or, si divers expérimentateurs ont définitivement prouvé que le départ, bien loin de se faire en ligne droite, comme avaient cru l'établir MM. LUMIÈRE, se fait avec une tangente très peu inclinée sur l'axe, une certaine hésitation pouvait subsister sur l'extrémité lointaine de la courbe qui, d'après MM. LUMIÈRE, se rapprochait asymptotiquement d'une parallèle à l'axe horizontal, d'après M. BOUSSE, s'en écartait de nouveau après une approche à concavité supérieure, et, selon certains commentateurs de M. JANSSEN, après ce relèvement retombait encore, comme pour finir en ondulations successivement décroissantes.

Attribuant ces divergences à l'inconvénient de n'avoir pour juger, dans chaque expérience, que deux valeurs seulement, entre lesquelles rien ne peut avertir d'un changement de signe de la dérivée, je me suis appliqué à grouper toujours dans un même développement (bain dilué en cuvette verticale : eau 1000, sulfite de soude anhydre 10, métoquinone 1 ; durée 1 heure ; température 15°), non seulement un certain nombre de plaques (6 ou 12) de même fabrication (pellicules, pour éliminer les perturbations dites de *halo*), mais encore, sur chaque surface 9×12 ou 13×18, le plus grand nombre possible de valeurs d'impression échelonnées.

Des séries continues peuvent s'obtenir en exposant pendant des temps différents, par fractions longitudinales, une longue pellicule de 6<sup>m</sup> × 108<sup>m</sup> × *n* à l'action d'une flamme linéaire (pyr-étalon de Groux) placée à quelque distance en avant d'une extrémité, parallèlement à la surface et éclairant, inversement au carré de la distance, tous les points non protégés. Mais la continuité des valeurs fait obstacle à une bonne différenciation, et mieux vaudrait encore opérer sous une cache à grille ou faire des expositions fractionnées par saccades, si certains autres inconvénients, relatifs au développement, ne devaient faire préférer l'emploi des formats ordinaires de surfaces sensibles, qu'il suffit de découvrir progressivement par fraction, parallèlement à chacune des deux dimensions, pour les diviser en rectangles dont les poses correspondent à la somme des temps de mise à jour dans chaque sens. La comparaison de ces temps de pose avec les noirs correspondants fournit tous les éléments des tracés de courbes, pour chaque intensité de lumière.

Un autre procédé, qui simplifie les longues durées d'exposition, mais au détriment des résultats numériques, consiste à recouvrir chaque plaque de deux caches translucides croisées, formées chacune par l'imbrication en échelons d'un nombre progressif d'épaisseurs de papier blanc, avec, dans chaque sens, une bande opaque pour former réserve, et une bande découverte pour donner le rectangle d'exposition maximale.

Malgré tout, certaines difficultés de mesures, écueil de tous les observateurs, rendent aléatoires les estimations chiffrées, et je dois me borner, pour le moment, à l'énoncé du premier résultat spécialement visé, la réalité d'existence d'un relèvement des noirs après le premier minimum, très voisin de zéro, qui, sur *vitroses Lumière*, avec un éclairage de 2.000 lux (bec acétylène de 20 pyrs à 10<sup>m</sup>) demande de 40 à 50 minutes pour se produire ; puis la probabilité très grande d'une baisse nouvelle, après un maximum, inférieur au premier, qui, sur les plaques précitées, paraît très tardif, mais sur pellicules *kodoid d'Eastman* s'est manifesté nettement pour des expositions de quelques heures au pâle et inconstant soleil d'hiver, toujours suffisant, d'ailleurs, pour produire, en moins d'une seconde, le premier maximum, au delà duquel toute augmentation de pose ne fait que décroître les noircissements.

M. P. VILLARD signale à ce sujet que très souvent, quand une plaque sensible est soumise successivement à deux impressions, et que pendant l'une d'elles cette plaque

a été localement protégée par un écran, on observe un liseré clair entourant la silhouette de l'écran. On s'attendrait, au contraire, à observer simplement une étroite pénombre de transition, dont la teinte serait intermédiaire entre celles des deux plages contiguës, celle qui est hors de l'écran et celle que ce dernier a momentanément masquée.

Exemple : un papier sensible pour noircissement direct est légèrement impressionné sous un cliché, puis une moitié de l'image étant cachée par un papier noir ou une feuille d'étain, l'autre moitié est continuée en lumière jaune. On développe ensuite le tout, soit à l'acide gallique (en poussant le développement pour que la moitié non continuée rattrape l'autre) ou à l'hydroquinone qui développe indifféremment les deux moitiés. Presque toujours ces deux moitiés, d'intensités presque égales sont séparées par une étroite bande claire.

L'auteur projette un cliché correspondant à un second exemple :

Des lames de plomb ont été radiographiées sur une plaque ; puis, avant développement, la plaque a été exposée à la lumière par fractions successives de manière à avoir des poses croissantes montrant l'inversion progressive de l'image radiographique. Or, pour les expositions intermédiaires donnant des teintes peu différentes pour l'ombre de la lame et la région circumvoisine (qui a subi successivement l'action des rayons X et de la lumière), la silhouette de la lame est entourée d'un liseré blanc. Il convient de remarquer ici que les lames de plomb n'ont jamais touché la plaque, mais ont été simplement posées sur le papier noir qui entourait celle-ci pendant l'exposition aux rayons X.

On n'observe rien de semblable lorsqu'on délimite les régions adjacentes en projetant une image donnée par un objectif. Ainsi sur les positifs directs obtenus avec des plaques röntgenisées, le contour des objets n'est entouré d'aucun liseré ou auréole quelconque.

M. GUÉBIARD dit que les faits notoires de *silhouettage*, tels que vient d'en signaler quelques-uns M. Villard, sont, à sa connaissance, absolument indépendants de la superposition de deux impressions successives, et parfaitement observables en prenant directement avec un objectif ou par simple contact l'image de « régions adjacentes » fortement contrastées, pourvu que, soit par surexposition, soit par surdéveloppement, l'on amène le phototype à cette phase intermédiaire de l'inversion, mi-positive, mi-négative, pour laquelle avait jadis été inventé le mot d'*amphitype*. L'apparition d'un trait net entre noir et blanc, en passe de devenir gris pour tourner au blanc et noir, est le signe précurseur constant, *mais transitoire*, de l'inversion finale. De là sa présence sur une partie seulement, et point sur toute la plaque à double exposition de M. VILLARD, puis sur une partie seulement, et point sur tous ses papiers « continués » ; puis enfin son absence sur « les positifs directs » (inversion achevée). Tous ces exemples, par la variété des circonstances données comme principales, confirment le rôle secondaire de celles-ci ; et le cliché projeté confirme, en outre, sur ce détail spécial, l'unité cumulative, au lieu de l'antagonisme d'action, de la lumière et des rayons X.

Quant au *silhouettage*, la cause il est vrai, ne peut être encore précisée ; mais elle paraît en rapport certain avec les perturbations mécaniques apportées, dans le bain trouble, au libre jeu de la diffusion (et peut-être de certaines polarisations électro-chimiques ?), par les inégalités de la sculpture en creux de la gélatine ou de sa turgescence en relief.

M. GUILLAUME rappelle les expériences faites en 1893 par le capitaine Abney en vue d'examiner l'effet d'un éclairage intermittent sur une préparation photographique.

Une pellicule enroulée sur un cylindre recevait la lumière directe d'une lampe HARCOURT sur des bandes successives exposées, au total, pendant 1 seconde environ, soit d'une façon continue, soit en une succession d'éclats séparés par des temps d'obscurité. La durée de chaque éclat était abaissée jusqu'au millième de seconde. L'action photographique s'est montrée d'autant plus faible que le temps total de l'exposition était divisé en intervalles plus petits.

Ces expériences montrent que les premiers instants de l'exposition sont employés à amener la molécule au seuil de la rupture, et c'est seulement alors que la décomposition commence. Un temps de repos permet aux molécules non décomposées de revenir à leur condition primitive dans laquelle il faut les reprendre dans une nouvelle exposition.

Cette action de la lumière intermittente révèle une nouvelle complication de la fonction photographique.

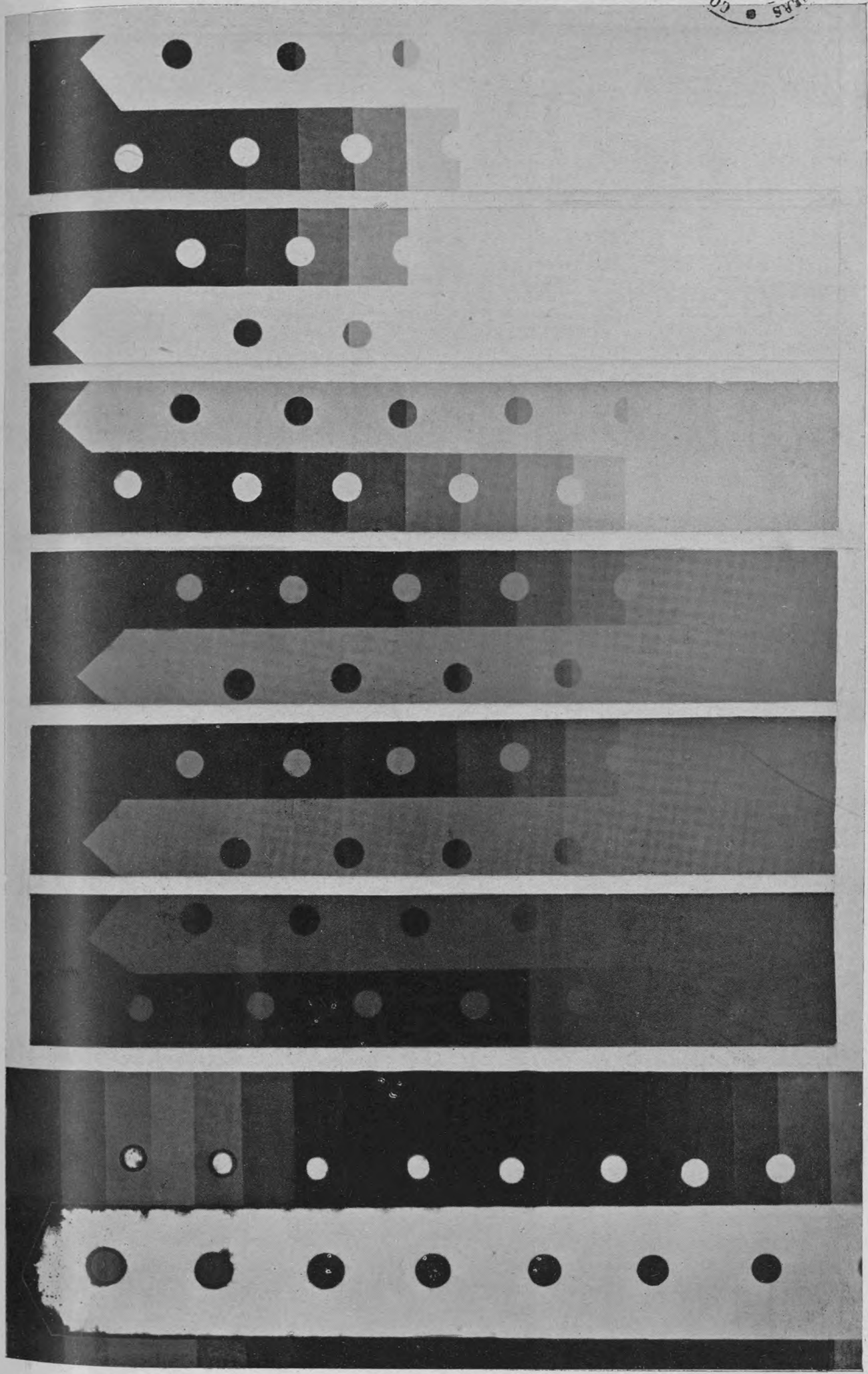
M. GUÉBIARD dit que c'est précisément la synthèse de ces expériences, et de beaucoup d'autres, qu'il avait tenté d'exprimer graphiquement par le tableau tout provisoire et purement schématique présenté dans une précédente séance.

Toute la bibliographie de la question se trouve résumée dans le *Mémoire sur l'inversion*, paru dans la *Revue des Sciences photographiques*, dont il vient de déposer un exemplaire sur le bureau, et dont une planche montre également un exemple décisif de *silhouettage*, comme simple phase de début d'une inversion par surdéveloppement, sur une image donnée par un objectif.

(Résumé des communications faites à la séance du 3 février 1905  
de la Société française de physique).

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*





a

b

c

d

e

f

FIGURE 1

FIGURE 2





**Coup d'œil rétrospectif.** — En cherchant bien, l'on arrive à retrouver dans le passé quelques exemples pouvant se rattacher plus ou moins sûrement à l'inversion par surdéveloppement. Ainsi, DE LA BLANCHÈRE (2) note déjà que si certains observateurs (MALOSSE, SCHADBOUDT, etc.) obtiennent l'inversion par des poses exagérées, d'autres, au contraire, réclament des poses minimales. REICHARD (3) a vu s'inverser une glace « qui n'avait certainement pas été trop posée, mais qui avait été longtemps et énergiquement développée à l'ammoniaque ». HARDWICH (4) ayant voulu pousser des clichés obtenus en hiver par le brouillard de Londres, eut la surprise de les voir se renverser ; et comme il veut une explication, et comme il est chimiste (5), il attribue cela tantôt à l'absence de toute trace d'acidité dans le bain, tantôt à l'excès d'acide nitrique : moyen sûr d'avoir, chimiquement, toujours raison. SCHOUWALOFF (6) ayant obtenu, par hasard, sur collodion lent, après une pose très courte, une « positive directe », s'efforce de systématiser l'opération, en la décomposant en sept temps, sans compter les lavages, entre lesquels un très long bain de nitrate alterne avec deux autres de pyro ; tout cela pour n'arriver qu'à une inversion incomplète, une image mi-positive, mi-négative, certaines des opérations défaisant ce que faisaient les autres.

Nous avons déjà dit que les innombrables procédés qui, à l'instar de celui de Bayard, commencent par effacer chimiquement l'impression solaire pour la redévelopper ensuite, c'est-à-dire par reculer pour mieux sauter (7), pourraient bien, vu

(1) Voir t. I, p. 237, décembre 1904. — La longue interruption de cette publication, motivée par des recherches nouvelles, qu'elle-même m'avait suggérées, mais qui me firent abandonner bientôt et étendre considérablement le plan primitif, sera cause qu'on retrouvera peut-être ici le défaut d'incohérence qui m'apparut toujours comme la pire caractéristique du sujet lui-même. Maintes redites pourront m'être reprochées et je déplore l'insuffisante coordination de la partie bibliographique. Mais si, à défaut de l'ordre matériel que je n'ai pu mettre dans mes pages, je suis arrivé à en apporter un peu dans les idées ; si j'ai réussi, fût-ce à coups de répétitions, à enfoncer, dans le bloc résistant des superstitions verbales, le clou d'une notion simple, où accrocher le fil conducteur, j'espère qu'il me sera pardonné, en faveur de mes intentions, qui sont simplement d'épargner à autrui les pénibles déceptions d'une incursion, sans guide, dans le passé, et les stériles piétinements sur place, dans l'ornière sans issue.

(2) H. DE LA BLANCHÈRE, *l'Art du photographe*, p. 136 ; 1859.

(3) *Phot. Ges. in Wien*, 12 mai 1880. *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), XXVI, 175 ; 1880.

(4) HARDWICH. Solarisation grise et positives par transparence, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), VI, 42 ; 1860 ; *Phot. News*, 2 Dec. 1859.

(5) T. FRED. HARDWICH, *A manual of photographic chemistry*, 7 th. ed. London, 1864.

(6) SCHOUWALOFF, Sur une modification du procédé ordinaire au collodion, donnant des positives directes. *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), V, 296 ; 1859.

(7) Un auteur dont je regrette de ne pas retrouver la fiche, avait trouvé plus expédient d'économiser et le temps et l'argent, en faisant agir la lumière sur la gélatine bichromatée seule, et ne développant qu'après coup à l'azotate d'argent. Preuve que la présence d'un composé inorganique d'argent, n'est nullement indispensable, comme l'estimait CAREY LEA

ce point de départ intermédiaire, être assimilés à des surdéveloppements d'impressions sous-posées. W. BROOKS (1), qui employait simplement pour l'effaçage l'alcool iodé, remarque que « si l'on arrête le développement trop tôt, on a un mélange de positif et de négatif ».

DE LA BLANCHÈRE, en s'évertuant à faire venir, à grand renfort de nitrate d'argent, des vues prises à la tombée du jour, arrive aussi à ce qu'il appela d'abord des *amphitypes* puis des *amphipositives* (2).

POITEVIN (3), cette même année, remarquait qu'il lui arrivait souvent, sur gélatine, en poussant le développement, d'avoir d'abord une image négative, puis une « image directe, beaucoup plus intense que la première ». Il est vrai que ceci se rapporterait plutôt aux très grandes surexpositions. En effet, SABATIER, en reprenant, trois ans plus tard (4), ce même procédé, ainsi que celui de SCHOUWALOFF y faisait intervenir carrément la lumière au cours du développement.

Il est difficile de savoir si ce n'est point à la surexposition qu'il faille attribuer l'expérience que S. STERRY (5) intitule « redressement de l'image photographique par sous-exposition ». Il semble en effet que l'auteur, sous prétexte de « détruire » préalablement le « voile latent », fasse intervenir un véritable voilage à la lumière diffuse. Et il n'est pas surprenant qu'il ait alors des images tantôt positives, tantôt négatives, ou intermédiaires, sans que la bromuration de son bain, à laquelle il rapporte tout, y soit pour grand chose.

Par contre, le procédé BRÉBISSE, à poses très courtes sur collodion, dont parle DE LA BLANCHÈRE (6), comme ne donnant un positif qu'au fixage, paraît se rapporter aux simples effets de contrastes, bien connus, des clichés faibles, vus sous certaines incidences, sur fonds noirs.

D'autre part, si l'on se remémore qu'il était d'usage courant, autrefois, de définir la solarisation : « une action lumineuse qui se manifeste par des tons rouges et transparents » (7), c'est-à-dire par ce que nous appelons aujourd'hui le *voile dichroïque*,

(Bull. Soc. fr. de Phot. (1), XIII, 246; 1867) à la formation des « germes de l'épreuve » que les autres développaient deux fois.

(1) W. BROOKS, Bull. Soc. fr. de Photogr. (1), XXVI, 177; 1880. — Brit. Journ. of Photogr.

(2) DE LA BLANCHÈRE, Epreuves amphipositives. Bull. Soc. fr. de Phot. (1), VI, 5, 1860. Il semble qu'à l'origine le créateur du mot *amphitype*, ait voulu dire *ambitype*, c'est-à-dire « à la fois positif et négatif », puis, que avisé par quelque subtil étymologiste de l'*amphibologie* possible, il ait été amené ainsi à créer le mot d'*amphipositives*, c'est-à-dire « positives à la fois par transparence et par réflexion », ce qui, alors, semble faire pléonasme avec *positives* tout court, tandis que le premier mot, à une aspiration près, peignait bien ces phototypes. bi-types, à demi négatifs, à demi inversés, que donne souvent le surdéveloppement.

(3) POITEVIN, Sur l'obtention de positives directes à la chambre noire, Bull. Soc. fr. de Phot. (1), V, 304-6; 1859.

(4) Dr SABATIER, Sur l'obtention de positives directes, Bull. Soc. fr. de Phot. (1), VIII, 175-8; 1862.

(5) S. STERRY, Le redressement de l'image photographique par sous-exposition. La Photographie française, XVI, p. xxxvi, mai 1904. The phot. Journ., XLIII, 290, Nov. 1903.

(6) H. DE LA BLANCHÈRE, Répertoire encyclopédique de la Photographie. I, 366; 1863.

(7) HARDWICH. On Solarisation of negative Plates, Photogr. Sy. of London, juin 1858; Bull. Soc. fr. de Phot. (1), IV, 241-246, 1858. — YOUNG, Manchester Litt. and philos. Sy., 1 Déc. 1858. — DE LA BLANCHÈRE. loc. cit.

signe presque certain de surdéveloppement et non de surpose ; si l'on réfléchit, en outre, qu'avec les faibles sensibilités de jadis, la surexposition, en dehors du voilage voulu, devait être un accident plutôt rare ; on en induira que, selon toute probabilité, la forme d'inversion par sous-exposition et surdéveloppement, telle que nous venons de la réinventer, était, comme les neuf dixièmes au moins des inventions que chaque jour fait éclore en photographie, connue depuis fort longtemps, et qu'à vouloir la sortir de son état latent pour la révéler à nouveau, le mérite serait mince, si c'était pour en augmenter seulement le trop riche arsenal des singularités pures, sans lien, sans explication et, partant, sans utilité.

**Essai de synthèse.** — Tâchons donc, de nos dernières remarques, rapprochées du très grand nombre de faits, vieux ou neufs, dont nous avons péniblement essayé de débrouiller le fouillis, tâchons de tirer quelque vue un peu haute, qui nous désenlise des mesquineries de l'immédiate contingence et nous rappelle que la photographie est une science physique, où la variété des voies et moyens ne doit pas nous faire oublier l'unité des résultats, ni surtout la prééminence de lois générales, dominant, reconnues ou non, tous les petits détails de la cuisine chimico-technique.

Au-dessus de tout s'élève la loi primordiale, rappelée au début de cette étude (1), d'après laquelle l'action de la lumière, sous quelque forme que la manifestent les sensibilités de surface, ne se traduit point par des impressions indéfiniment croissantes, lorsqu'elle croît elle-même d'intensité ou de durée, mais présente un maximum d'effet, au-delà duquel tout accroissement nouveau de la cause produit une baisse jusqu'à redescendre tout près du zéro.

Et peu nous importent, pour le moment, les au-delà : ceci nous suffit, sans plus, pour réduire à sa juste valeur la déplorable phraséologie qui vicia dès ses débuts la science photographique et qui lui fait porter encore aujourd'hui la peine de n'avoir pas su s'assurer le plus indispensable des instruments du progrès : une bonne langue. Les mots de *rayons excitateurs*, *rayons continuateurs*, *rayons destructeurs* (pour ne parler que de ceux d'entre les vocables nocifs (2) qui

(1) T. I, p. 258.

(2) J. W. DRAPER, outre la *lumière latente*, en faveur de laquelle il revendique la découverte des *images de Moser* (On certain spectral Appearances and on the Discovery of Latent Light *Philosoph. Mag.* (3), XXI, 348-9, 1842) trouve, dans le spectre, six espèces de rayons différents, positifs, négatifs, protecteurs, blanchisseurs, noircisseurs, etc. Bientôt après (On a new Imponderable Substance and on a class of Chemical Rays analogous to the rays of Dark Heat, *Phil. Mag.* (3), XXI, 453-61, 1842) il imaginait, par une expérience d'ailleurs intéressante, et à rapprocher des « émanations » actuelles, les radiations de la *tithonicité*. Ce serait une liste bien amusante que celle de toutes les autres expressions qu'a fait naître (heureusement à l'état simplement sporadique, et sans qu'elles prissent racine), le travers bien humain, dont la Science ne sut pas toujours se défendre, de prendre une épithète pour une explication et d'arrêter par un mot le désir de savoir et l'effort de chercher.

Il est d'ailleurs vraiment curieux de voir comment les inventeurs de ces appellations s'empres- sent de les renier dès qu'ils les voient, par leurs émules, employées à tort et à travers. HERSCHEL, qui avait lancé en 1840 les *rayons protecteurs*, se refuse, en 1843 (*Phil. Mag.* (3), XXII, 129 ; 1843) à les reconnaître dans les expériences de DRAPER. E. BECQUEREL, qui avait inventé



ont malheureusement survécu), mots promus, suivant l'ordinaire fatalité des choses, au rang d'entités réelles, et coutumièrement employés, sans cure des contradictions, comme paravent circonstanciel des ignorances fondamentales ou commode satisfaction de curiosités toutes superficielles, tous ces mots ne font que traduire ce fait élémentaire : que toute action lumineuse, quelle qu'elle soit, lorsqu'elle s'ajoute à une autre, accroît l'effet de celle-ci, s'il est encore susceptible d'accroissement, c'est-à-dire inférieur à son maximum, mais le fait décroître, sitôt atteint le déclin de la courbe, jusqu'au voisinage du zéro de chute. Il n'y a donc pas de *rayons négatifs*, d'*action négative*; c'est toujours par addition, par superposition que s'obtiennent des résultats, qui n'ont de contradictoire que leurs noms. Toute radiation, quel que soit son coefficient d'activité, est, soit par rapport à elle-même, soit à l'égard d'autres, d'abord *continuatrice*, puis, en apparence, *destructrice* (1). Chacune, pour son compte, possède, à des degrés plus ou moins dé-

les rayons *continuateurs* (Sur la constitution du spectre solaire, *C. R. Ac. Sc.*, XIV, 901; 1842), s'en prend à CLAUDET, à FOUCAULT et FIZEAU (*loc. cit.*) de s'en servir, et ne manque plus une occasion de réagir contre des abus d'interprétation dont il ne continuera pas moins, sans doute, à porter éternellement la responsabilité, à cause de la transplantation qu'il fit, en phosphorescopie, des *rayons destructeurs*, légués à SEEBECK (GËTHE, *sur Farbenlehre*, ch. III, § 678) : « Les dénominations de *rayons continuateurs*, que j'avais donnée aux rayons peu réfrangibles, et de *rayons excitateurs*, appliquée aux rayons les plus réfrangibles, ne sont pas nécessaires... » (*La Lumière*, II, 77; 1867). « Rien n'indique l'action de rayons *négatifs*, et toute la partie active du spectre agit chimiquement de la même manière... Il n'y a qu'à varier les temps d'exposition de la lame... Les effets inverses ne sont pas dus à des actions inverses... L'iodure n'éprouve qu'une seule et même action de la part des rayons de diverses réfrangibilités... La lumière, les *rayons continuateurs* compris, n'agit que d'une seule manière... » (*C. R. Ac. Sc.*, XXIII, 800; 1846. Voir aussi *Ann. de Chim. et de Phys.* (3), XXII, 252, 254; 1848. *Bibl. Universelle de Genève*, XLVIII, 184; 1843, etc.). « Depuis mes premières études sur le spectre, j'ai vu que les rayons rouges et jaunes ne *détruisaient* pas la phosphorescence aussi simplement que je l'avais supposé : dans les premiers moments, les sulfures brillent d'abord, puis toute lumière cesse. » (*La Lumière*, I, 32, 1867). « La destruction de la modification acquise sous l'influence des rayons phosphorogéniques ne s'opère jamais sans que les phosphores émettent d'abord de la lumière » (*Ann. de Chim. et de Phys.* (3), XXII, 244; 1848). « Les rayons qu'on a nommés *chimiques* et *phosphorogéniques* se comportent toujours de la même manière... On ne doit pas établir de distinction dans la nature de ces rayonnements » (*Ann. de Ch. et Ph.*, IX, 261; 1843). Etc.

(1) Cela ressort de mille faits faciles à emprunter aux auteurs eux-mêmes, les plus irréductibles, de ces distinctions, que l'on prétend encore, de purement verbales, rendre objectives; mais nous ne citerons que quelques-unes des observations les plus formelles ou des expériences les plus spéciales. Pour les images de Moser, « les rayons de différentes réfrangibilités ont une seule et même action et il n'y a de différence que dans les temps qu'ils mettent à produire un effet déterminé » (H. REGNAULT, *C. R. Ac. Sc.*, XV, 448; 1852). E. BECQUEREL, à maintes reprises, insiste sur ce que le rouge montre la même vertu excitatrice que le violet, pourvu qu'on lui donne le temps (*Ann. de Chim. et de Phys.* (3), IX, 264; 1843, *C. R. Ac. Sc.*, XXIII, 800; 1846, etc.). et qu'il n'y a qu'à prolonger les expositions pour obtenir les mêmes effets d'*action retardatrice*, *neutralisante* ou *négative* dont FOUCAULT ET FIZEAU (*C. R. Ac. Sc.*, XXIII, 679; 1846. disputaient à LEREBOURS (*C. R. Ac. Sc.*, XXIII, 634; 1846), la priorité. W. ABNEY, en opérant, il est vrai, sur un collodion spécialement préparé, a constaté (*Philosoph. Transactions*, II, 653; 1880) que, pour obtenir la raie A, il suffit de poser 25 fois plus que pour G, et 35 fois plus pour avoir l'infrarouge. WATERHOUSE (*Proc. Roy. Sy. London*, XXIV, 186; 1876), a montré que toutes les radiations spectrales, du violet au rouge, pouvaient « détruire » une autre impres-



veloppés, et avec des intensités réparties elles-mêmes, d'un bout à l'autre du spectre, sur une courbe à convexité supérieure, partie de zéro et revenant à zéro (1), les mêmes capacités que l'ensemble, c'est-à-dire que la lumière blanche elle-même.

Est-ce à dire qu'à un coefficient d'intensité près, elles seraient toutes substituables, suivant une simple règle de proportions ? Nullement. Car s'il a été démontré que, pour la lumière blanche elle-même, à égalité d'énergie dépensée, il n'y a nullement confusion entre les courbes d'effets des différents modes d'application de cette énergie, suivant qu'on en fait varier la durée ou l'intensité, *a fortiori* obtiendrait-on des courbes fort différentes pour chacune des radiations élémentaires : très déprimées, sans doute, sur l'axe des  $x$ , pour le rouge ; à brusque crochet, comprimé contre l'axe des  $y$ , pour le violet.

Mais toutes ces courbes seraient certainement de même famille et il est permis de synoptiser, d'une manière générale, l'action lumineuse, sans autre spécification, en une sorte de courbe symbolique moyenne qui, sans s'appliquer rigoureusement

sion. R. HUNT (On the Chromatype, a new photographic Process, *Athenæum*, 26 août 1843), avait déjà vu l'extrême violet agir, comme destructeur, plus énergiquement que le rouge, et CAREY LEA ayant fait des expériences encore plus complètes (Action des rayons lumineux les moins réfrangibles sur l'iodure et le bromure d'argent, *Bull. Soc. fr. de Phot.*, XXI, 236-47; 1875) avait conclu : « Il n'existe pas de rayons ayant le pouvoir soit d'exciter soit de continuer l'impression. Tous les rayons colorés ont le double pouvoir de commencer et de continuer l'impression ». Enfin LÜRPO-CRAMER (*Wissensch. Arb. auf dem Gebiete d. Photogr.*, p. 53), expérimentant sur le bromure d'argent, soit pur, soit enrobé dans la gélatine, a montré que « dans tous les cas, le rouge spectral agit exactement comme ferait une courte pose de bleu ; il ne saurait être question d'une action destructrice (Vernichtung) de l'impression lumineuse. »

(1) Il est vrai qu'à voir la ressemblance de cette courbe avec celle que nous allons donner pour la fonction photographique elle-même (fig. 1), l'on est obligé de se demander si cette figuration des effets photographiques du spectre peut légitimement être prise comme une figuration des énergies actiniques correspondantes, ou si celles-ci, représentées (ainsi que s'il s'agissait de lumière blanche) par les abscisses et non les ordonnées de la courbe, ne devraient pas être considérées comme toujours croissantes, depuis le rouge jusqu'au delà de la valeur d'ultra-violet qui ramène la courbe au zéro, ce dernier n'étant point définitif, mais seulement l'origine d'un nouveau relèvement, correspondant à des énergies encore plus ultra, telles que celles des rayons X, dont l'action, sans être elle-même le *nec plus ultra*, serait figurée par la deuxième et non la première phase de la courbe fonctionnelle photographique. On en arriverait alors à cette double conséquence singulière, que, pour réussir à diminuer presque indéfiniment le temps de pose photographique, il n'y aurait qu'à favoriser de plus en plus, sans se préoccuper des radiations visibles, l'accès de l'ultra-violet, soit par la transparence des lentilles, soit par la réceptivité des préparations sensibles ; et qu'en radiographie il pourrait y avoir intérêt à réduire, plutôt que d'accroître, l'intensité, si toutefois c'est réalisable sans dénaturation, dans l'énorme proportion nécessaire pour franchir régressivement la longue période d'action quasi-nulle, rentrer à reculons dans celle des actions positives et, si l'on ne trouve avantage à y rester, revenir enfin sur la branche rapidement ascendante des actions photographiques normales, qui ne seraient plus que des actions radiographiques infiniment atténuées, donnant, pour un minimum d'effort, le maximum d'effet. Quelque téméraires et paradoxales que puissent paraître ces vues, nous ne craignons pas de les signaler avec instance, fût-ce pour en provoquer la contradiction, aux physiciens en état d'entreprendre des vérifications tout indiquées et relativement faciles, que nous avons le regret d'être nous-même, pour longtemps, dans l'impossibilité de réaliser.

à aucune de ces modalités particulières, donne l'image de l'allure commune à toutes et délivre l'esprit de la tendance fallacieuse à se référer uniquement à l'équation du premier degré, et à se laisser dominer par la croyance impulsive, même quand on la sait fautive, aux simples proportionnalités.

Quelle que soit l'incertitude sur la forme exacte de cette courbe et l'erreur possible commise sur son tracé, elle n'en suffit pas moins à donner immédiatement la clé de tous les phénomènes d'inversion par surexposition. Il est évident, en effet, que, dans la seule partie ascendante de la courbe, c'est-à-dire tant qu'il n'entre pas en jeu d'action supérieure à celle qui produit le maximum, les noirs croissant en même temps que l'action lumineuse qui les produit, il en résultera le phototype habituellement appelé *négatif*. Dès qu'interviennent des valeurs supérieures, l'*inversion* commence, c'est-à-dire qu'à une plus grande action correspond un plus faible noir, jusqu'à ce qu'aux environs du zéro la *pseudo-destruction* se montre, en contre-partie de l'approximatif *état neutre*, ou voile noir, qui se produit lorsque ne sont en jeu que des valeurs avoisinant le maximum.

Mais au delà de cet *effacement*, presque tous les observateurs signalent la possibilité d'une impression nouvelle (1) : c'est donc que la courbe repart, et qui sait si, plus loin, elle ne montre point de nouvelles ondulations, justifiant certaines observations que nous avons rapportées dans la première partie (2)?

Nous nous contenterons prudemment, pour le moment, de la figure 1, en attendant que, suivant nos indications (3), des recherches, certes plus faciles que

(1) Nombre d'ouvrages indiquent même l'exposition au soleil comme procédé de *régénération* des plaques accidentellement voilées (A. LONDE, *Traité pratique de développement*, p. 74). Comme quoi, dans les mots surtout, les extrêmes se touchent. CLAUDET (Sur les actions que les diverses radiations solaires exercent sur les couches d'iodure, de chlorure et de bromure d'argent, *C. R. Ac. Sc.*, XXV, 554; 1847) revendique l'honneur de la découverte : « Je crois avoir observé le premier qu'après la destruction de l'effet photogénique, la plaque recouvre sa sensibilité première. » Puis poussant jusqu'au bout la logique de son beau cercle vicieux : « On voit d'après cela qu'au lieu de préparer des plaques dans l'ombre, on peut le faire impunément (*sic*) en plein jour : il ne s'agit, pour leur rendre leur sensibilité, que de les placer pendant quelques minutes sous un verre rouge, avant de les mettre dans la chambre noire. » Il ne semble pas que cette manière de demander au rouge tout seul de défaire ce qu'un instant auparavant il laissait faire par ses voisins de spectre, ait jamais eu grand succès près des fabricants, ni que MM. LUMIÈRE, qui avaient pu lire cela en des livres classiques, aient songé à y recourir, lorsqu'ils adoptèrent (*Interméd. de l'Asie*, II, 252; 1898) une combinaison atténuée de jaune et de vert pour soustraire leurs ouvrières aux propriétés, beaucoup plus excitantes physiologiquement, que photographiquement excitatrices, de la lumière rouge prolongée. L'industrie ne se laisse pas leurrer à des mots. Mais ces mêmes mots, surtout tombant de haut, font germer, parfois de singulières épidémies d'idées extraordinaires. Passait encore pour la proposition de substituer aux diaphragmes ordinaires d'objectifs, des diaphragmes en verre rouge. Mais n'alla-t-on pas jusqu'à recommander l'emploi de lentilles en verre rouge, et encore, avec une face dépolie (BAZIN, WACQUEZ, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), XVIII, 36-8; 1872)!

(2) T. I, p. 238.

(3) Il serait certes du plus haut intérêt d'arriver à tracer, d'abord pour les couleurs spectrales, en découvrant progressivement, pendant des temps divers, la surface d'une pellicule exposée à un spectre largement étalé; puis pour diverses intensités d'une source lumineuse connue, le faisceau représentatif des noircissements en fonction du temps d'exposition, ou bien encore, pour des temps divers, en fonction d'intensités variées. On y arriverait d'une

celles où se sont inutilement dépensées tant d'ingéniosités, permettent de l'étendre et de la préciser.

**Généralisations énergétiques.** — Mais limiterons-nous l'usage de ce schéma au seul cas de l'inversion de surpose ou de solarisation ? Ce serait méconnaître, malgré l'importance de ce seul fait, la généralité de nos visées, la tendance synthétique de notre tardif effort de coordination.

L'acte photographique, il est temps de nous en souvenir, est fort complexe. Si la lumière a le pouvoir, souvent, d'opérer le noircissement direct du sel d'argent, c'est plutôt, en général, un simple prélude de mise en route, qu'on lui demande,

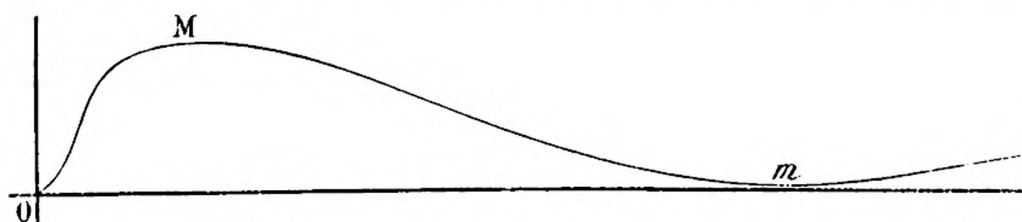


Fig. 1. — Schéma de la réponse photographique en fonction d'excitations croissantes.

une préparation « latente » à l'action chimique des révélateurs, laquelle, pouvant, à la rigueur, opérer seule, a, en tout cas, la part la plus grande dans les effets dont nous avons examiné jusqu'ici la résultante, sans nous inquiéter des divers facteurs intervenants. Or s'il est avéré que cette résultante *grosso modo* demeure la même, soit que l'un, soit que l'autre facteur y ait la plus grande part, soit que la lumière, par exemple, ne fasse qu'amorcer l'action, le bain ayant presque tout à finir, ou *vice versa* (1), n'en résulte-t-il pas qu'à un point de vue énergétique géné-

manière suffisamment approchée et sans mesures délicates, en exposant, à diverses distances d'une lumière étalonnée, pendant des temps divers, des fractions croissantes de surfaces pelliculaires, parallèlement d'abord à l'une de leurs dimensions, puis à l'autre, en ayant soin cependant de donner à chaque bande d'exposition une largeur de beaucoup supérieure à la distance, parfois très grande, où l'irradiation latérale peut s'étendre du bord de la partie exposée sur celle qu'on croit à l'abri, et fausser ainsi tous les résultats. Les écarts de 1 cm. auxquels je me suis moi-même longtemps tenu seraient beaucoup trop faibles pour des impressions tant soit peu grandes. (A. GUEBHARD, Sur la fonction photographique, *Journ. de Phys. théor. et appl.* (4), IV, 334-348; mai 1905).

En développant, dans des conditions d'identité absolue (comme cela est facile avec l'usage des cuvettes verticales et des solutions diluées) des séries de phototypes, et comparant aux données numériques de l'expérience les échelles de noir des carrés groupés sur chaque pellicule, on aurait un premier tableau approximatif répondant au desideratum. Une autre solution, non équivalente, mais non moins intéressante, s'obtiendrait en remplaçant l'ouverture progressive des châssis par des caches translucides permanentes, faites de gradins d'épaisseurs diverses de feuilles de papier blanc, croisées à angles droit, et remplacées, au besoin, par un négatif fixe au bromure, obtenu une fois pour toutes sous l'une d'elles.

(1) Nous avons signalé, au début de cette étude (t. I, p. 260), que EDER et PIZZIGHELLI (Beiträge zur Photochemie des Chlorsilbers, *Sitzsb. d. k. Ak. in Wien*, LXXXIII, 144; 1881), avaient formellement contesté le rôle du voilage dans les inversions obtenues, de façons très diverses, et au milieu de toutes sortes de complications chimiques, par maints observateurs. Et le fait même de cette diversité, ainsi que la possibilité constatée de la pouvoir supprimer totalement, nous avait poussé à lui dénier toute espèce d'influence et à tout rapporter au



ral, détaché des mille minuties circonstanciées du mode opératoire, il y a lieu de regarder simplement comme la suite, la *continuation* l'un de l'autre, avec, tout au plus, un changement d'allure au moment du relai, les deux grands actes, physique et chimique, de la photographie, et de les unifier additivement, comme termes homogènes d'une intégrale commune, la *fonction photographique* elle-même?

N'est-ce pas un des axiomes de la pratique courante, que la possibilité de compenser la faiblesse de l'action physique par l'énergie de l'action chimique (1)? Et n'avons-nous pas vu celle-ci elle-même suppléer à son propre défaut d'intensité par son accroissement de durée? Pour ne pas quitter le point de vue spécial de l'*inversion*, considérée comme criterium nécessaire d'une certaine dépense déterminée d'énergie, n'avons-nous pas vu, sur certaines substances, les résines, par exemple, le soufre, et même sur telle préparation argentique, sans parler des phosphorescentes, l'inversion se produire sous la seule action de l'agent physique lumière (2)? Puis, sur les sels d'argent encore, à peine touchés par cette lumière,

facteur réellement principal dont on méconnaissait traditionnellement l'influence. Comme il advient presque toujours lorsqu'il s'agit de réagir contre une erreur, nous tombions dans un excès contraire, et il nous paraît certain, depuis que se sont fort élargies nos vues, que EDEN et PIZZIGHELLI pouvaient, dans un sens d'ailleurs différent de celui qu'ils entendaient, avoir raison pour certains cas exceptionnels où la sommation des énergies chimiques peut parfaitement, à elle seule, arriver à réaliser ce que fait d'ailleurs beaucoup plus simplement et plus vite un supplément d'énergie lumineuse. Aussi était-ce à tort que nous avions, dans notre première rédaction (rectifiée dans le tirage à part, p. 257), mis en dehors de notre étude les inversions, comme celles de SCHWARZ, observées après coup, sur un cliché terminé, par une intervention *a posteriori* de *liqueur argentique*. En réalité, quel que soit l'artifice auquel on a recours, physique ou chimique, simple ou complexe, il s'agit toujours d'un apport supplémentaire d'énergie dont le résultat est de pousser au sommet de la courbe fonctionnelle, puis au delà, sur la descente, l'impression photographique, prise à mi-chemin. Même dans les procédés qui, comme nous l'avons dit, reculent pour mieux sauter, effaçant l'image négative pour la faire reparaître positive, il n'y a pas à faire entre les actions physiques et les actions chimiques des distinctions de pure sophistication : car, lorsqu'on revient au nitrate d'argent après avoir dissous tout l'agent réduit de la gélatine, il est très vraisemblable qu'en croyant agir chimiquement, l'on ne fait que réaliser, avec un nuage d'argent, sur une gélatine préalablement sculptée en creux et relief, l'expérience toute physique de NIÈPCE DE SAINT-VICTOR (Sur des propriétés particulières de l'iode, phosphore, acide azotique, etc. *Ann. de Ch. et Phys.* (3), XXII, 85 : 1848), d'après laquelle les buées les plus diverses, agissant soit au jour, soit dans l'obscurité, soit même dans le vide (*sic*), ont la propriété de se fixer sélectivement non seulement sur les noirs de préférence aux blancs des corps, mais « sur les dessins en relief, et sur tous les corps qui offrent des tranches, quelles qu'en soient les couleurs et la composition. »

(1) CAREY LEA (*Amer. Journ. of Sc. and Arts*, XXXIII, 349 et 480; XXXIV, 33 et 384; 1887), ayant fait l'analyse chimique des sous-sels produits par l'action de la lumière sur les haloïdes, a constaté que tous pouvaient être produits par des réactions de laboratoire, sans aucune intervention lumineuse.

(2) Même dans les anciens procédés de *positives directes*, où les chimistes aimaient à faire montre de leur art, nous avons vu que c'est à l'intervention méconnue de la lumière, plus qu'à tous les ingrédients, qu'était dû le succès. Aussi était-ce un sujet d'étonnement pour HERTZ (*Researches on Light*, p. 81; 1844) qu'après avoir, par un dernier lavage à l'eau, « fixé » ses positives directes, obtenues sur papier argentique noirci au soleil, puis enduit d'iodure de potassium, on vit, au jour, croître encore en intensité les noirs sans que les blancs s'obscur-

cette même inversion s'opérer sous la seule action du bain prolongé ? Enfin, comme contre-partie, K. SCHAUUM et W. BRAUN (1), dans l'étude dont a été publiée ici même une traduction (2), n'ont-ils pas vu la seule action à sec de certains gaz et vapeurs, ozone, essence de térébenthine, etc., sur le bromure d'argent, avec ou sans substratum organique, agir exactement comme ferait une certaine exposition à la lumière ? Et S. SKINNER (3), le radium faire de même ?

GROSS (4), regardant la lumière comme un simple accélérateur et non comme un provocateur indispensable des modifications moléculaires dites *photo-chimiques*, assimile à cette action quantité d'autres, physiques, chimiques ou simplement « catalytiques » : la chaleur par exemple (5), de laquelle il est bien connu qu'elle

cissent. Ce simple détail, qu'aucun autre auteur, sinon TALBOT (*Photography*, p. 55; 1835) ne paraît avoir noté, met bien hors de doute que le rôle principal, en toute cette affaire, revient à l'insolation elle-même et non aux intermédiaires chimiques, qui l'ont tout au plus facilité. Car, de deux choses l'une : ou bien ce sont des traces résiduelles d'iodure qui agissent encore, mais alors elles devraient, sous l'influence dorénavant générale du jour, faire disparaître, et non croître, les noirs jusque-là indemnes ; ou bien c'est la lumière seule qui travaille, et alors il nous paraîtra tout naturel, et qu'elle ne puisse plus rien sur les plages qui, ayant subi la plus grande somme d'insolation, sont pour longtemps tombées de leur maximum de noircissement à leur minimum ; et qu'elles continuent à faire monter, au moins provisoirement, la courbe du noircissement des parties qui, ayant été protégées pendant la seconde insolation, c'est-à-dire l'exposition, n'avaient pas encore, à la première, c'est-à-dire au voilage primitif, atteint leur maximum. En y mettant le temps, il est évident que ces noirs eux-mêmes finiraient aussi par baisser, jusqu'à faire disparaître l'image dans une vague grisaille générale. Mais il n'en pourrait aller de même s'il y avait eu *fixage* définitif, c'est-à-dire enlèvement de tout sel d'argent susceptible de noircir. C'est pourquoi l'auteur, instruit par la pratique mieux que par la théorie, ajoutait : « Mieux vaut fixer à l'hyposulfite ».

(1) *Zeitschr. f. wiss. Photographie, Photophysik, Photochemie*, II, 285-290, septembre 1904.

(2) K. SCHAUUM et W. BRAUN, De l'action de quelques agents chimiques sur les couches photographiques, *Revue des Sciences photographiques*, II, 12-19, avril 1905.

(3) S. SKINNER, The photographic Action of Radium Rays, *Phil. Mag.* (6), VII, 288-92; 1904. Même, cet observateur classe le radium en tête d'une certaine *échelle de Wood*, où chaque numéro serait capable de renverser l'impression produite par le suivant, mais non par le précédent ! Preuve nouvelle de la facilité avec laquelle se détourne sur toutes sortes de futilités expérimentales l'attention de l'observateur indocumenté qui ne sait pas voir au dehors de son cercle d'opérations. Il s'agissait de vulgaires inversions de raies spectrales (R. W. WOOD, The Clayden Effect and Reversal of Spectrum Lines, *Phil. Mag.* (6), IV, 606-7; 1892), pompeusement baptisées d'un nom personnel tout récent, dans le pays même d'où étaient venues, soixante ans auparavant, les observations toutes semblables de DRAPER (On certain spectral Appearances, and on the Discovery of Latent Light, *Phil. Mag.* (3), XXI, 348-9; 1842). Il est vrai que si DRAPER n'avait trouvé à s'en prendre qu'au ciel de la Virginie où il opérait, son successeur ne cherche pas au delà du « choc lumineux » de ses brusques et intenses illuminations (Photographic Reversals in Spectrum Photographs, *Astrophysical Journ.*, XVII, 361-72; 1903), dotées, à titre de *lumière choquante*, d'un pouvoir spécial, que cependant possèdent plus ou moins aussi la douce « lumière diffuse », les pénétrants rayons X, la vulgaire pression mécanique. De là « l'échelle », dont il est regrettable que l'auteur ne se soit point servi pour se hisser au-dessus de sa très étroite contingence, et s'élever aux lois générales de l'inversion, dont certaines inversions spectrales, données par la photographie, ne sont qu'un cas particulier.

(4) GROSS, La Katatypie, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XX, 444; 1904 (*Phot. Rundschau*).

(5) W. LERMANTOFF (Sur l'action chimique et photographique de la lumière, *Soc. phys. de Saint-Petersbourg*, XI, 3-11 et 31-53; 1879, *Journal de Phys.* (1), IX, 364; 1880) identifie déjà



accélère l'action du bain (1), l'eau oxygénée, qui, dans toutes les circonstances, produit tous les effets d'une insolation. BELA VON LENGYEL avait constaté que les gaz réducteurs agissent de même, et attribué à leur intermédiaire les actions à distance du zinc, que d'autres auteurs attribuaient à la formation d'ozone (2).

J. C. BOSE (3) qui, sans que nous en eussions connaissance, était allé déjà fort loin (4) dans la voie des unifications énergétiques où nous essayons, sur un terrain spécial, de pousser de l'avant, et qui ne voyait dans l'action de la lumière qu'un effet mécanique de déformation moléculaire (5), susceptible d'être produit par mainte autre modalité de force, a constaté particulièrement que la radiation électrique obscure pouvait produire, par induction, tous les effets de la lumière, et notamment celui de la « récurrence » (inversion), que manifestent également toutes sortes d'autres substances, étrangères, en apparence, à la sensibilité dite photographique, comme les cohéreurs sous les ondes hertziennes (6).

Quant à la sensibilité des plaques photographiques, que certains détails d'expérience pouvaient porter à faire regarder comme indifférente, ou même contraire, à l'inversion, c'est parfaitement comme coefficient constant de numérateur qu'il faut la faire entrer dans la formule sommatoire des énergies efficaces, parmi lesquelles le *noircissement direct* n'entre que comme terme additionnel, nullement proportionnel, on le sait, à la sensibilité (7). « Lorsqu'on solarise sous un même

l'action de la lumière à celle de la chaleur, et regarde la révélation comme due à la formation de couples électrolytiques locaux (Etudes sur la formation de l'image photographique, *Journ. de Phys.* (1), VI, 373; 1877). Ailleurs, J. W. DRAPER (Researches on actinchemistry. On the distribution of chemical force in the spectrum, *Amer. Journ. of Sc.* (3), V, 25 et 94; 1879) proteste contre la distinction des trois courbes d'activité actinique, lumineuse et thermique du spectre, dues, selon lui, à de simples sélectivités d'absorption du prisme.

(1) EDER, Système de sensitométrie, *Mém. lab. d'essais de la Soc. fr. de Phot.*, III, pl. VII; 1902.

(2) BELA V. LENGYEL, Ueber die Wirkung einiger Gase und Metalle auf die photographische Plate. *Wiedemann's Ann. der Phys.*, LXVI, 4162; 1898. — J. W. RUSSEL, On Hydrogen-peroxyd as the active agent in producing pictures on a photographic plate in the dark. *Proc. R. S.* LXIV, 409; 1900.

(3) J. C. BOSE, On the Continuity of Effect of Light and electric Radiations on Matter, *Proc. R. S.*, LXX, 154-174; 1903. On the Similarities between Radiation and mechanical Strains. *Id.* 174-185. On the Strain Theory of the Photographic Action, *Id.*, 185-193; 1903. *Journ. de Phys.* (4), II, 781 et 855; 1903.

(4) *Id.* De la généralité des phénomènes moléculaires produits par l'électricité sur la matière inorganique et sur la matière vivante. *Congr. internat. de Phys. Paris*, III, 585; 1900. — Sur la réponse électrique de la matière vivante et animée, soumise à une excitation, *Journ. de Phys.* (4), I, 481-90; 1902.

(5) P. LENARD et M. WOLF (Zerstäubung der Körper durch das ultraviolette Licht, *Wied. Ann. des Phys.* XXXVII, 443; 1889) avaient constaté que l'ultraviolet frappant les surfaces métalliques avait la faculté d'y produire une véritable pulvérisation destructive. Présomption nouvelle, et non des moins sérieuses, à l'appui de la thèse que nous émettrons bientôt, que c'est par excès, et non par défaut d'énergie, que se produit, comme normale conséquence de la loi d'inversion, l'apparente cessation d'action chimique de cette extrémité du spectre.

(6) J. C. BOSE. On the periodicity of the Electric « Touch » of Chemical Elements and the molecular Changes produced in Matter by Electric Waves, *Proc. R. S.* LXVI, 450; 1901.

(7) D'après W. VOGEL (*Phot. Mitth.* XIX, 91; 1882); le bromure d'argent *mûri* extra sensible se noircirait directement plus vite à la lumière que non *mûri*. MOSCKHOVEN (*Phot. Mitth.*, XVIII, 106; 1881) disait le contraire

négalif, dit LÜPPO-CRAMER (1) une plaque au collodion et une au gélatino, la première montre, avant développement, l'image négative totalement formée dans ses moindres détails, alors que l'autre n'en présente que des traces, et pourtant, au développement, c'est la deuxième qui donne un positif, l'autre n'étant inversée que dans ses plus grandes lumières ».

L'inversion, dont ne paraissent pas s'être suffisamment méfiés les procédés d'actinométrie chimique, où c'est toujours la même place de la plaque que frappent les rayons, se manifeste tout aussi énergiquement, à sec, dans les expériences qu'on appellerait aujourd'hui d'ionisation. J. ELSTER et H. GEITEL (2) avaient déjà constaté, comme pour la lumière, le maximum d'efficacité du violet sur la déperdition d'électricité des surfaces illuminées. H. BUISSON, très nettement, en un cas analogue, décrit, mais sans en avoir aucunement soupçonné la portée (3), tous les symptômes de l'inversion.

Ainsi, partout et toujours, action physique ou action chimique, sous toutes les formes, apparaissent comme se substituant, se préparant, se complétant, s'équivalant l'une l'autre (4), dans un enchevêtrement de synergies qui explique, s'il ne la justifie, la perpétuation du conflit sophistique toujours pendant entre la théorie physique et la théorie chimique, — que mettra finalement d'accord, selon toute vraisemblance, celle de l'ionisation (5).

(1) LÜPPO-CRAMER, *Wiss. Arb.*, p. 41; 1902.

(2) J. ELSTER u. H. GEITEL. Ueb. Variation der durch Licht erzeugten Electricitätszerstreuung Jenach Natur der beleuchteten Oberfläche. *Wied. Ann. der Phys.*, XLIII, 225-40 et XLIV, 722-36; 1892.

(3) H. BUISSON. Sur une modification des surfaces métalliques sous l'influence de la lumière. *Journ. de Phys.* (3), X, 597-607; 1901. L'auteur, renouvelant une expérience systématiquement méconnue de G. LE BOY (Sur les propriétés électriques des radiations émises par les corps sous l'influence de la lumière, *C. R. Ac. Sc.* CXXIV, 892; 1897) y ajoute, comme pendant à certaine lumière noire, non citée, des radiations neutres, intermédiaires entre celles qui, aux deux extrémités du spectre, produisent des potentialisations inverses, positive et négative, mais dont n'est point précisé, et pour cause, le chiffre vibratoire.

(4) « Moins la surface est sensible, dit J.-M. EDER (*Ausf. Handb. d. Phot.*, II, 44; 1884), plus il faut de temps pour arriver à la solarisation... Une image très faible peut *solariser* (c'est-à-dire, pour nous, *s'inverser*) dans un révélateur très fort; la même dans un révélateur faible, demeurera normale. » C'est probablement pourquoi H. DE LA BAUME-PLUVINEL, dans son livre *Le Temps de Pose* (ch. IV, p. 92, in-18, 125 p., Gauthier-Villars; 1890), esquive en deux mots la question de la solarisation : « Quand la plaque est très surexposée, l'image est directe, au lieu d'être inversée... ce phénomène, connu sous le nom de solarisation, est d'ordre chimique et ne peut rentrer dans le cadre de notre ouvrage » ! Comme si, logiquement et étymologiquement, le mot de solarisation, si on le veut distinguer de celui d'inversion, qui n'en représente que le résultat, ne devrait pas désigner, indépendamment des opérations humides consécutives, l'action des surposes telles que la plaque est amenée, comme fait infailliblement le soleil, au régime de la branche descendante de la courbe fonctionnelle.

(5) Quoi de plus naturel que de voir dans l'élargissement progressif des orbes intra-moléculaires, sous l'accroissement de l'incitus, la cause du relâchement des affinités atomiques ou sous-atomiques, puis du détachement des satellites extrêmes, suivi soit de leur échappée définitive, à l'état cométaire (ions), soit de leur rentrée dans des sphères d'attraction voisines et de l'établissement d'un régime de libre échange substitutif, à peu près équivalent, sauf sur la périphérie, au régime primitif; et ainsi de suite.

A quoi bon s'attarder à ces débats, privés de sanction, avant d'avoir déblayé le terrain des chinoiseries pures, des faux antagonismes de phonèmes sans représentation objective ? Tout cela doit disparaître devant la simplicité méconnue de la loi fondamentale, et il suffit de reprendre un à un, à la clarté de cette vue, tous les exemples de cas d'inversion cités, pour voir, comme par enchantement, se dissiper le nuage qui les entoure, s'évanouir le mystère obsédant de leurs origines, se coordonner les apparences de plus grande inconciliabilité.

**Rapprochements.** — Une comparaison triviale en peut rendre compte. Qu'à un véhicule, en panne au bas d'une côte, on attelle un renfort suffisant pour le mener au plus haut, mais qui, seul, n'eût pu le faire démarrer, voilà la « continuation » par les rayons jaunes ou rouges. Que ce renfort soit âne, mulet ou cheval, pousse-pousse ou... nègre, il n'arrivera certes pas de même façon en haut ; mais, en *continuant*, il y arrivera. Employez à faire *monter* une impression photographique des rayons violets, jaunes ou rouges, un bain fort ou faible ; en y mettant le temps, vous finirez par arriver au sommet. Certes vingt chevaux vivants n'auront point la même marche que vingt chevaux-vapeur ou que trente mulets. Certes, s'il y avait plusieurs véhicules à hisser à la fois, ils ne présenteraient plus, en haut, les mêmes rapports de position qu'au départ : un moteur lent, à arrêt sans secousse, les aura peu déplacés ; un moteur violent, à arrêt brusque, les laissera tassés les uns sur les autres : de même un phototype formé d'un grand nombre de valeurs diverses ne montera pas de même façon si on lui applique la douce continuation des rayons rouges ou le brutal coup de fouet du nitrate d'argent. C'est là qu'apparaît l'art du conducteur : mais son ignorance éclaterait à tous les yeux s'il faisait entre l'animal et l'automobile une autre distinction que de modalité d'énergie disponible et déniait au premier le pouvoir d'aider à la remorque, sous prétexte qu'il ne peut tout seul démarrer, et au second le pouvoir d'arriver en haut, sous le prétexte que, mal conduit, il risque de tout casser, ou bien qu'il lui est arrivé de dépasser le but et de faire dégringoler sa charge plus vite qu'il ne l'avait montée.

Et si, au haut de la côte, le moteur continue à tirer, dira-t-on qu'il *détruit* son ouvrage, parce que la route, qu'il continue, au lieu de monter, descend ? Même au point de vue potentiel, véhicule et moteur, transférés d'une altitude à une autre pareille, à travers un col, sont-ils identiques à eux-mêmes ? Pour une seconde montée, auront-ils même force disponible ?

Afin de nous faire pardonner, pour son côté utilitaire, ce langage de charretier, nous allons essayer de montrer à quelles vérités de La Palisse, grâce à lui, se peut réduire quelquefois l'objet des étonnements scientifiques les mieux présentés, dès qu'on cherche l'idée sous les mots, et qu'on traduit en parler simple la pompe des jargons spéciaux. Mais comme nous ne voudrions point, pour cela, paraître nous livrer au facile exercice de la critique archaïque, c'est au dernier en date d'entre les auteurs qui ont remué ces vieilles questions, que nous emprunterons, parmi une multitude de faits analogues, énumérés sous la rubrique *Actions chimiques de la lumière* (1), quelques-uns de ceux qui nous ont paru traduisibles :

(1) P. VILLARD, *Soc. fr. de Physique*, 2-16 déc. 1904.

« L'effet continuateur est absolument subordonné à la présence d'un composé soluble d'argent... (Toutefois l'acide gallique avec azotate d'argent permet de révéler une image après fixage, ce que ne fait pas la lumière jaune). D'ailleurs la lumière jaune accélère le développement à l'acide gallique et azotate d'argent, ou au chlorure d'or pur. (Ce dernier agirait mais lentement, à l'obscurité). »

« Une plaque au chlorure ou bromure d'argent impressionnée fortement, puis traitée par l'azotate d'argent et la lumière jaune, se développe, par effet continuateur, plus rapidement que les papiers, *parce qu'on opère dans un liquide* : mais l'image est peu intense et cette intensité paraît dépendre uniquement... *du grain de l'émulsion*. »

« Si l'on traite par du rouge une plaque légèrement voilée par du violet ou des rayons X, on ne voit nullement l'impression atteindre son maximum pour décroître ensuite, mais bien décroître immédiatement et revenir au zéro d'autant plus vite qu'elle était plus faible... La plaque ainsi traitée est restaurée et recouvre sa sensibilité, tandis que personne ne songerait à faire une photographie avec une plaque exposée à la lumière blanche jusqu'à solarisation complète. »

« Dans toutes ces expériences les rayons qu'on fait agir en second lieu seraient, à eux seuls, incapables d'impressionner la substance sensible : ils ne peuvent donc ajouter simplement une impression qu'ils ne peuvent produire. Les résultats sont en outre entièrement différents suivant la radiation choisie et l'ordre dans lequel on fait succéder les deux actions. Rien dans tout cela ne ressemble aux phénomènes d'inversion ou de solarisation. »

Quelque vulgaires que soient ces comparaisons (que je ne prétends, d'ailleurs, aucunement donner pour raisons), sans doute les trouvera-t-on encore plus démonstratives que telles savantes dissertations, qui attribuent soit à la schistation, soit à la peroxydation de la gélatine un phénomène qu'on peut observer soit sans oxygène (1), soit sans gélatine, ni substratum organique d'aucune sorte, quoique, évidemment, la gélatine en puisse être tributaire au même titre que tous les corps,

L'effet du renfort est absolument subordonné à la présence du premier attelage. (Toutefois, le plus fort des deux permet la mise en route, même après calage, ce que ne fait pas le plus faible). D'ailleurs, celui-ci accélère la marche de celui-là, ou même d'un faible bourricot. (Ce dernier agirait, mais lentement, s'il était seul).

Une voiture légère, arrivée très haut de sa montée, puis reprise par un fougueux coursier, puis encore par un autre, traverse le col, par l'effet de ceux-ci, plus rapidement qu'un lourd chariot parce qu'il y a moins de tirage : mais ensuite elle descend de plus en plus et son altitude à l'arrêt dépendra uniquement de la rapidité de la descente.

Si l'on reprend par une haridelle un automobile d'abord emporté par delà le sommet par un nombre de chevaux disproportionné, on ne le voit nullement remonter en arrière pour descendre ensuite, mais bien descendre immédiatement et arriver au plus bas d'autant plus vite qu'il en était plus près. La voiture ainsi traînée est prête à repartir et a recouvré sa disponibilité, tandis que personne ne songerait à se mettre en route avec une machine exposée par un précédent emballage à un forçage complet.

Dans tous ces cas le renfort qu'on fait agir en second lieu serait, à lui seul, incapable de faire démarrer la charrette : il n'en peut pas moins ajouter simplement sa force à celle qui a réalisé ce qu'il ne pouvait produire. Les résultats sont d'ailleurs entièrement différents suivant les moteurs choisis ; mais l'ordre dans lequel on les attelle n'a d'importance qu'au point de vue du démarrage. Sauf quoi, tout cela se ramène à une question de hauteur à franchir.

(1) VICTOR SCHUMANN (*in* LÜPPO-CRAMER, *Wiss. Arb.*, p. 47) a montré que l'inversion s'obtenait également bien dans le vide ou dans une atmosphère d'hydrogène. Le fait avait bien été, anté-



quels qu'ils soient, susceptibles d'éprouver une action superficielle de la part de la lumière (1).

**Particularisations.** — Loin de moi, d'ailleurs, la pensée de vouloir faire oublier, en faveur de ces vues abstraites, l'utilité des recherches concrètes spécialisées ; mais c'est contre la prétention réciproque que je proteste, assuré que si les premières peuvent attendre des secondes quelques confirmations et précisions nou-

rieurement dié (A. DE LA BAUME PLUVINEL, *La formation des images photographiques*, in-18, 213 p. Paris, Gauthier-Villars, 1891, p. 154, note). Mais il est connu qu'en expérimentation, un fait négatif, simple insuccès, ne saurait prévaloir jamais contre l'affirmative, c'est-à-dire la réussite d'une expérience.

(1) D'après GUSTAVE LE BON, qui a, le premier, publié de curieuses observations sur les effets ionisants de la lumière, tous les corps deviendraient, sous l'influence de la lumière, susceptibles de décharger l'électroscope (La dissociation de la matière, *Rev. Scientif.* (4), XVIII, 577-590 ; 1902). Malgré quelques réserves que nous aurions à faire sur la participation possible, à la constance des résultats obtenus par l'auteur, de la très grande sensibilité spéciale du soufre de l'électroscope (G. SAGNAC, de l'optique des rayons Röntgen, *Thèse*, Paris, Gauthier-Villars, 1900, p. 31, note), peut-être y aurait-il avantage, en face de l'importance que prennent, dans les études nouvelles, les actions des radiations sur les surfaces, de reprendre, pour désigner l'état particulier des corps sous cette influence, le mot de *corps actinisés* employé, dès 1843, par R. HUNT (Contribution à l'actinochimie, *Bibl. univ. de Genève*, LIX, 368-77 ; 1843. — *Philos. Mag.*, juillet 1843).

A. RIGHI (Sulle traiettorie percorse nella conversione fotoelettrica e su alcuni nuovi fenomeni elettrici nell' aria rarefatta, *Ac. d. Lincei*, 3 août 1890 ; *Journ. de Phys.* (2), X, 49 ; 1891) ne s'est pas seulement borné à constater que la déperdition électrique sous l'action de la lumière est due à un véritable transport par convection, dont il a pu suivre les trajets, mais, en mesurant les variations du coefficient de déperdition avec la pression extérieure, il a retrouvé une courbe à maximum, c'est-à-dire un point critique au delà duquel le phénomène, lui aussi, est sujet à inversion.

Quant au minimum de l'impressionnabilité photographique ordinaire, il semblerait, d'après d'autres expériences de G. LE BON (La luminescence invisible, *Rev. Scient.* (4), XI, 106 ; 1899), qu'il soit tombé, pour certaines émulsions extrasensibles, à une limite presque infinitésimale et purement théorique, et qu'il suffise de prolonger assez longtemps l'exposition pour que la plaque finisse par traduire fortement une impression que l'œil, en un instant, est incapable de percevoir. Et cela rentre trop bien dans le cadre de notre synthèse pour que nous n'en acceptions pas volontiers l'augure, malgré ce qu'a de sujet à caution l'emploi de la phosphorescence comme intermédiaire, par l'inventeur de la *lumière noire*. Il s'agit de statuettes, enduites de sulfure de calcium, et enfermées, plusieurs jours après qu'elles paraissaient être devenues invisibles à l'œil, dans des pièces ou caves depuis longtemps à l'abri de tout accès de la lumière (même rouge ?), et où cependant l'on avait trouvé le moyen de faire d'avance la mise au point de l'appareil photographique. Comme il est connu que la phosphorescence répond à la moindre variation de température, ne se pourrait-il que la somme de toutes ces variations pendant plus d'une semaine n'ait fini par donner, même en l'absence de la lumière et de l'observateur lui-même, une totalisation notable ? Néanmoins, il paraît certain qu'à aucun moment les éléments de cette somme n'ont pu être bien grands, et cela nous autorise à donner à l'expérience de LE BON son sens énergétique, seul intéressant, à savoir que l'affaiblissement de la lumière, aussi bien que, dans nos expériences, celui du bain, peut être toujours compensé par le temps, ce qui prouve une fois de plus que c'est l'énergie totale, en photographie, bien plus que ses éléments particuliers, qui doit être prise en vue, si l'on veut éviter le travers de prendre à tout instant pour extraordinaires, des événements aussi simples que naturels.



velles, aucun résultat utile ne pourra jamais être atteint, dans le domaine de l'expérimentation, en s'écartant du fil conducteur qui peut seul empêcher de s'égarer en ce dédale, sur les mille voies qui se disputent l'attention.

J'ai déjà dit combien il serait désirable que fussent dressés des schémas pour les modes divers de l'action des radiations, soit prises ensemble, soit en particulier (1), indépendamment de l'action du bain, c'est-à-dire en rendant celle-ci constante, une fois pour toutes, dans chaque série d'expériences, par l'adoption, par exemple, comme bain-type, de la dilution décimale d'une des solutions usuelles les plus stables, appliquée pendant une heure. Il serait intéressant ensuite de faire les mêmes essais pour des bains divers.

Sans expériences spéciales, et dans le seul but de synoptiser schématiquement, à la suite de très nombreuses observations d'inversion par surdéveloppement lent, mes impressions, quant à l'influence de la durée du développement sur le noircissement (2) dans le bain dilué, qui, seul, permet de dissocier les phases, j'avais tracé le graphique suivant (fig. 2), qui me paraissait représenter, alors, tous les faits particuliers venus à ma connaissance, sur ce sujet.

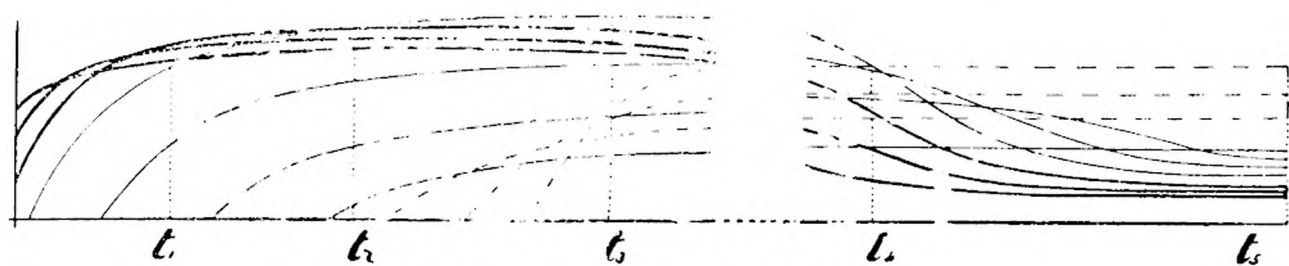


Fig. 2. — Premier essai de schématisation de la marche du noircissement en fonction du temps, pour des valeurs d'impression diverses, en bain dilué.

**Schématisation de la marche du développement.** — Tous les praticiens avaient remarqué depuis longtemps qu'en essayant de forcer un phototype insuffisamment venu dans les ombres, ils n'arrivaient à faire monter celles-ci qu'au prix d'une chute caractérisée des valeurs normales, et finissaient par aboutir à une grisaille générale, voile dit de développement, — voile de deuil du cliché (3). Mais, au-delà de ce voile, décevant terminus, personne n'avait songé à pousser un re-

(1) EDER, dans son *Système de sensitométrie* (*loc. cit.*), a fait, dans ce sens, quelques tentatives intéressantes quoique extrêmement limitées, ne dépassant pas la durée des développements ordinaires, et n'atteignant jamais (sauf un détail de la pl. X) la période d'inversion. D'ailleurs, dirigées dans un but tout spécial, elles ont été représentées par un système de coordonnées qui ne fait point image autant que, par exemple, la marche du noircissement en fonction du temps pour chaque valeur d'impression déterminée, ce qui est le problème usuel de la pratique photographique. Ce n'en sont pas moins, tels quels, et malgré la cause d'erreur systématique qu'a pu y introduire l'irradiation, des documents fort précieux.

(2) A. GUÉBARD, Essai de représentation de la loi du développement photographique en fonction de sa durée, *C. R. Ac. Sc.*, CXXXVIII, 491, 22 février 1904.

(3) « Lorsqu'on maintient longtemps une plaque dans le révélateur, elle se voile partout où elle n'a pas reçu d'impression, et ce voile finit par atteindre une intensité suffisante pour éteindre l'image. » YVON, Sur les causes d'erreur inhérentes à la production du voile en photographie. *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XIV, 142; 1898.

gard, et l'eût-on fait, qu'avec la cuvette horizontale on se fût trouvé vite arrêté par les accidents de tachetage, dont je fus le premier à rattacher la cause immédiate à l'immobilité du bain (1) et à soupçonner la cause intime thermique (2), que devaient ultérieurement confirmer et préciser tout à fait les belles recherches remarquablement exécutées de H. BÉNARD (3), — ce qui n'empêchera pas certains spirites impénitents d'y voir *ad æternum* des enregistrements de leur fluide vital, des reflets photographiés de leurs états d'âme très spéciaux (4).

Il fallait la cuvette verticale pour accidentellement dévoiler le mystère du voile et faire découvrir, après plusieurs jours, un positif intense complet à la place du piteux négatif, qui, abandonné, pour sa récalcitrance, au bain lent avait réalisé, à force de temps, ce que très vite on voit parfois se produire sur certains phototypes faibles dans un bain très fort. Et, dans l'un comme dans l'autre cas, ce qui a frappé le plus tous les observateurs, c'est que ce sont les valeurs les moindres, et les dernières mises en route, qui le plus vite s'invertissent, tandis que s'attardent en hauts plateaux les valeurs moyennes.

Si l'on ajoute à cela que les valeurs extrêmes, dites de solarisation, qui, avant mise au bain, laissent déjà voir un noircissement, sont des plus rapides à se passer les unes au-dessus des autres, pour retomber les premières en ordre inversé, au voisinage du zéro, mais non sans quelquefois une légère ascension au début, notée par les observateurs consciencieux (5); — l'on retrouvera, sans plus d'explications, dans l'allure des courbes du schéma, la fidèle traduction de tous ces faits: le groupe des lignes fortes correspondant aux valeurs de solarisation, celui des traits fins au groupe des valeurs moyennes, et celui des traits interrompus aux valeurs de souspose, parties en dernier lieu, montées le plus vite.

A la vérité, les nécessités graphiques ne nous ont pas permis d'allonger la figure autant que le comportait la schématisation d'un bain extrêmement lent; et peut-être eût-il convenu, à cause de cela, d'accélérer davantage la chute des premières courbes de la solarisation. D'autre part, il en existe encore de supérieures, qui tombent tout de suite, sans commencer par monter. Ce sont celles qui ont pour point de départ une des valeurs correspondant à la branche descendante du

(1) A. GUÉBIARD, Sur la zébrure et le moutonnement des clichés photographiques, *Soc. fr. de Phys.*, 18 juin 1897.

(2) A. GUÉBIARD, Sur les phénomènes de ségrégation moléculaire observables dans les liquides troubles abandonnés au repos, *Bull. Soc. fr. de Phys.*, 1897, p. 107-115, 8 pl.

(3) H. BÉNARD, Sur les tourbillons cellulaires, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVIII, 206; 1900; *Journal de Physique* (3), X, 262; 1900.

(4) A. GUÉBIARD, Sur les prétendus enregistrements d'effluves humains, *La Vie Scientifique*, nos 106, 108, 110; 1897. *La Revue Scientifique* (4), VIII, 625; 1897 et IX, 75; 1898. — Petit manuel de photographie spirite, sans « fluide », *Photo-Revue*, VI, 71; 1898. *L'Amateur photographe*, XIV; 118; 1898, etc.

(5) CH. GRAVIER, Application de la surexposition des substances sensibles à la lumière, *Bull. Soc. fr. de Phot.*, XV, 453-4; 1899. — L'auteur, à propos d'inversion, proteste très justement contre la manière de voir de P. VILLARD (Sur l'action chimique des rayons X, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVIII, 237; 1899), d'après laquelle l'action des rayons X sur une plaque serait détruite par l'exposition à la lumière ordinaire. Quelle que soit la lumière, dit-il, son action, continuée pendant un temps suffisant, finit par rendre une surface photographique inerte à certains réactifs.

schéma fig. 1. Enfin pour l'extrémité droite de la figure, il est d'ores et déjà certain que nous avons été induit en erreur par les données de A. et L. LUMIÈRE (1) dont l'autorité nous avait empêché de nous arrêter à une foule de faits qui auraient dû nous avertir de la forme ondulatoire et point du tout asymptotique de la courbe à son extrémité. Quelques expériences personnelles (2) dont la planche III donne une idée, nous ont ultérieurement permis de tracer la fig. 1 et de nous assurer que, dans la fig. 2, il y aurait lieu de modifier dans ce sens l'extrémité de droite, en remplaçant par de nombreux entrecroisements nouveaux le parallélisme final des courbes.

Mais si, malgré toutes ces réserves, précisant celles que nous avons faites dès l'origine, nous montrons que ce schéma, tel qu'il est, permet non seulement de vérifier à peu près tous les faits connus, mais de rectifier ceux qui étaient évidemment mal interprétés et d'expliquer enfin ceux qui ne l'étaient pas du tout, n'aurons-nous pas ainsi la confirmation la meilleure de son utilité pratique et la justification de notre tentative pour ramener à quelques lignes nettes l'enchevêtrement de plus en plus touffu de données disparates au milieu duquel se perdaient les meilleurs esprits?

C'est à cette vérification par l'exemple que sera consacré notre dernier chapitre.

Adrien GUÉBHARD.

## EXPLICATION DE LA PLANCHE III

Fig. 1. *a* à *b*.

FAC SIMILE légèrement réduit de 6 fragments d'un même phototype (n° XCIII de la 2<sup>e</sup> série), obtenu au châssis-presse sur papier Solio mat  $18 \times 24$ , exposé de 1 heure à 3 heures, le 18 juin 1905, à Saint-Vallier-de-Thiery (Alpes-Maritimes), séparé du côté relief d'une cache translucide graduée d'échelons centimétriques de papier blanc écolier, du poids de 0 gr. 96 au dm.q., par des caches de papier émail noir (papier d'anciennes bobines de pellicules Lumière, franchement noir, non bleuté) découpé en bandes époutées, perforées de trous de 6 mm. de diamètre, dont les découpures, enlevées à l'emporte-pièce, ont été réparties de 2 en 2 cm. chevauchant sur les gradins translucides, la dernière débordant sur la partie non protégée de la surface sensible.

*a*) fixé directement à l'hyposulfite 20 %.

*b*) après lavage de 15', virofixé 15'.

Les autres morceaux, après lavage, ont été développés dans une dilution au 1/50

(1) A. et L. LUMIÈRE, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), IV, 209, 1898 (voy. ci-dessus, t. I, p. 264, déc. 1904). — Le défaut de ces expériences, d'apparence si rigoureuse, a consisté dans l'emploi comparatif de deux valeurs seulement à la fois, en sorte que des états correspondants pouvaient se reproduire à des périodes fort différentes, sans que rien, entre deux, prévint d'un changement de signe de la dérivée. De là la confirmation de la nécessité de réunir sur chaque phototype d'épreuve un nombre assez grand de valeurs graduées pour ne jamais laisser passer un maximum ou minimum.

(2) A. GUÉBHARD, Sur la fonction photographique, *Soc. fr. de physique*, 3 fév. 1905; *Journal de Physique théorique et appliquée* (4), IV, 334-48, mai 1905.

de la formule normale du révélateur à la métoquinone (Eau 1000, métoquinone 9, sulfite de soude anhydre 60 : mais il est à noter que, même à une température de 15°, cette solution, préparée à chaud suivant la formule et avec les produits Lumière, se montre sursaturée et dépose, en refroidissant, un excès de houppettes cristallines).

c) durée du développement 1', le bain étant déjà affaibli.

d) 6' *Id.*

e) 5', bain neuf.

f) 1 h. *Id.*

On constate que si le virofixage augmente à la fois l'intensité et le contraste, en resserrant l'échelle des valeurs, passées du brun van Dyck au noir sépia, le plus court développement, tout en étendant l'échelle de 3 degrés, remonte de deux le maximum, qui, au fixage direct, se manifestait déjà sous le n° 1 des épaisseurs de cache, plutôt qu'au 0 (plage nue). Les prolongations plus grandes du développement font remonter encore le maximum, en même temps que s'accroît le noircissement des parties cachées, qui finit, en passant du brun au violacé, par dépasser celui des parties les plus impressionnées, virées au brun olive, en même temps qu'il transforme en noir franc son liseré de silhouettage, qui s'était d'abord (sur e) manifesté en blanc.

[Nous réservons pour une étude ultérieure l'explication de cette dernière transformation, ainsi que de tous les phénomènes d'irradiation, si visibles sur nos épreuves.]

Fig. 2.

FAC SIMILE légèrement réduit d'un phototype (n° LXIII, nouvelle série), sur papier au bromure « négatif extra rapide G. S. », exposé, dans les mêmes conditions que la fig. 1, toute la journée du 29 mai 1905, développé au bain de métoquinone servi pendant 10'. Montre nettement le maximum vers 11, la chute des valeurs de solarisation jusqu'à 3, un minimum, là, différent de zéro, et ensuite 3 degrés de réascension des valeurs du côté ultra solarisé, en même temps qu'apparaît le trait net du silhouettage blanc, repoussant de plus en plus les bavures de l'irradiation et de l'infiltration lumineuses. Les petites taches du bas de la zone cachée montrent comment le meilleur papier noir devient, s'il n'est, tout au moins, doublé, un simple crible pour les grandes intensités de la lumière blanche ordinaire.



# SUR L'ANTI-OXYDATION DES SOLUTIONS DE SULFITE DE SOUDE

## et sur les anti-oxydants

PAR MM. A. & L. LUMIÈRE & A. SEYEWETZ

---

Les solutions de sulfite de soude possèdent les propriétés suivantes dont il convient de tenir compte dans leur emploi pour la préparation des développeurs photographiques :

- 1° Elles s'oxydent à l'air ;
- 2° Elles retardent l'oxydation des substances réductrices constituant la base des révélateurs.

Quelques expériences préliminaires nous ont montré inversement que l'oxydabilité à l'air de ces solutions de sulfite se trouvait diminuée dans une large mesure par l'addition de très faibles quantités de réducteur, d'hydroquinone par exemple.

Nous avons donné à ce phénomène le nom d'*anti-oxydation*, et nous avons appelé anti-oxydants les corps qui jouent ce rôle.

Nous nous sommes proposés d'étudier l'influence qu'exercent, sur l'anti-oxydation, certaines conditions d'opération et certains agents physiques ou chimiques, notamment la quantité de réducteur, l'alcalinité du milieu, la concentration en sulfite, la chaleur, la lumière, etc.

Nous avons aussi déterminé le pouvoir anti-oxydant d'un certain nombre de réducteurs, cherché à expliquer le mécanisme du phénomène qui nous intéresse, et, enfin, tiré de cette étude quelques considérations d'ordre pratique.

C'est le résultat de ces expériences que nous consignons dans ce travail.

**Partie expérimentale.** — Nos expériences ont été effectuées dans les conditions générales suivantes :

On a utilisé des solutions de sulfite de soude anhydre à 3 % (1) qui correspondent à la composition normale la plus ordinaire des développeurs photographiques.

Chaque essai a porté sur un litre de solution contenu dans un flacon de deux litres non bouché de façon à laisser libre accès à l'air. La section des flacons et par conséquent la surface de contact avec l'air ainsi que le diamètre de leur orifice étaient constants dans toutes les expériences.

Dans la majorité des cas, on a déterminé l'oxydation par dosage (à l'état de sulfate de baryte) du sulfate formé. On l'a déterminé plus simplement par titrage avec une liqueur d'iode 1/2 décime normale quand l'iode était sans action appréciable sur les anti-oxydants (6<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> séries d'expériences).

(1) Excepté dans les expériences sur l'influence de la concentration du sulfite de soude.



Les dosages ont été effectués d'abord immédiatement après la préparation des solutions, puis ensuite tous les huit jours, tous les quinze jours et enfin tous les mois.

Dans les tableaux qui suivent, les résultats des dosages sont exprimés en grammes d'acide sulfurique ( $\text{SO}_4\text{H}^2$ ) pour 100 centimètres cubes de solution ou en centimètres cubes de liqueur d'iode pour 5 cc. de solution.

Le poids calculé d'acide sulfurique qui correspond à l'oxydation totale de 3 gr. de sulfite anhydre est de 2 gr. 33.

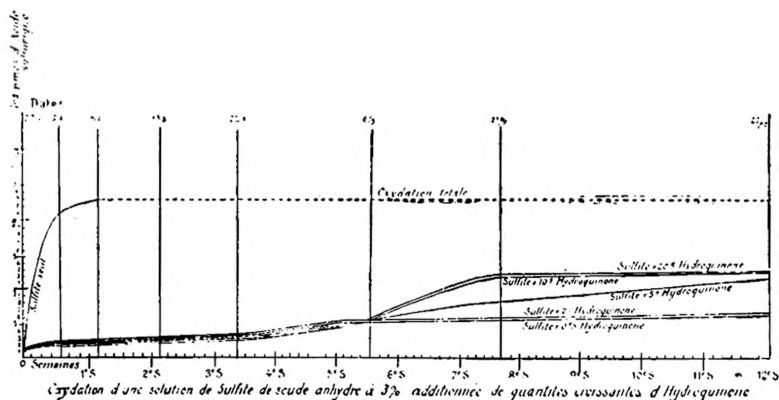
L'étude de l'anti-oxydation a d'abord été poursuivie en utilisant l'hydroquinone; on a ensuite comparé l'action anti-oxydante de divers réducteurs.

**1. Influence de la proportion d'hydroquinone.** — On a fait deux séries d'essais, comprenant chaque fois un témoin, en faisant varier la quantité d'hydroquinone de gr. 0,001 à 20 gr. par litre de solution de sulfite.

Les résultats constatés sont consignés dans les tableaux ci-dessous, et nous les avons aussi représentés par les courbes qui suivent ces tableaux.

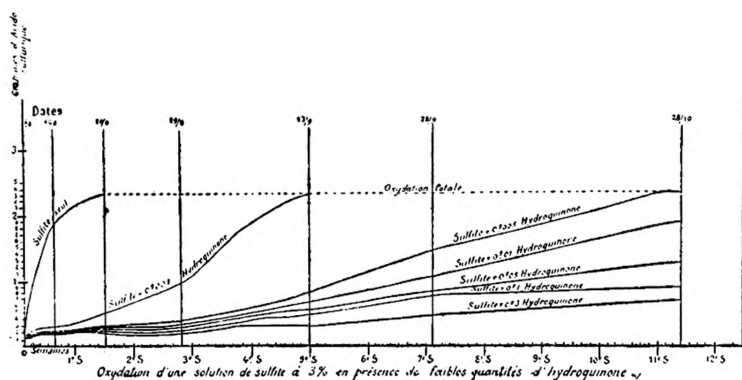
**Oxydation d'une solution de sulfite de soude anhydre à 3 %  
additionnée de quantités croissantes d'hydroquinone.**

N° des expériences	GRAMMES D'HYDROQUINONE dans 1 litre de solution de sulfite à 3 %	GRAMMES D'ACIDE SULFURIQUE ( $\text{SO}_4\text{H}^2$ ) Renfermés dans 100 cc. de solution de sulfite à 3 0/0							
		DATE DES EXPÉRIENCES							
		29/7	2/8	6/8	13/8	21/8	6/9	21/9	22/10
1	Témoin	0,4815	2,14	2,3055	2,3095	»	»	»	»
2	0,5	0,1745	0,2065	0,2385	0,3115	0,3700	0,5430	0,5570	0,6325
3	2	0,1710	0,2045	0,2415	0,2915	0,3615	0,5005	0,5120	0,6290
4	5	0,1675	0,2015	0,2385	0,2750	0,3605	0,4920	0,8340	1,1100
5	10	0,1610	0,1987	0,2274	0,272	0,359	0,490	1,1145	1,2454
6	20	0,1550	0,1995	0,2180	0,269	0,3575	0,4835	1,2110	1,2775



# Oxydation d'une solution de sulfite à 3 % en présence de faibles quantités d'hydroquinone.

N <sup>o</sup> des expériences	GRAMMES D'HYDROQUINONE dans 1 litre de solution de sulfite à 3 %	GRAMMES D'ACIDE SULFURIQUE (SO <sup>4</sup> H <sup>2</sup> ) Renfermés dans 100 cc. de solution de sulfite à 3 0/0						
		DATE DES EXPÉRIENCES						
		8/8	12/8	20/8	29/8	13/9	28/9	28/10
7	Témoin	0,1960	1,8865	2,305	»	»	»	»
8	0,3	0,1695	0,1715	0,2050	0,2440	0,3195	0,4590	0,6780
9	0,1	0,1710	0,1850	0,2375	0,2835	0,4420	0,7730	0,8225
10	0,05	0,1780	0,1865	0,2770	0,3385	0,5625	0,7805	1,1145
11	0,01	0,1620	0,1680	0,2640	0,3275	0,6490	1,0625	1,805
12	0,005	0,1790	0,1890	0,2865	0,3765	0,7835	1,435	2,300
13	0,001	0,1640	0,2070	0,4715	0,9457	2,3225	»	»



L'examen de ces résultats montre que l'effet anti-oxydant n'est proportionnel ni au temps, ni à la quantité d'hydroquinone.

Il se manifeste déjà avec 0 gr. 001 de réducteur et devient maximum lorsque la liqueur renferme de 0 gr. 3 à 0 gr. 5 d'hydroquinone pour 1000 de solution sulfiteuse.

Dans ce cas, il reste encore, après trois mois d'expérience, plus des trois quarts de la quantité primitive de sulfite non transformée.

**B. Influence de la température et de la lumière.** — Si l'on porte à l'ébullition pendant 9 heures, deux solutions de sulfite de soude à 3 %, dont l'une renferme 1 mgr. d'hydroquinone par litre, on constate que l'effet anti-oxydant de cette substance se manifeste de la même façon qu'à la température ordinaire.

La solution témoin ne renferme plus après cette longue ébullition que 20 % de la quantité primitive de sulfite, tandis que l'on retrouve encore dans la liqueur contenant l'hydroquinone 97,5 % de sulfite non oxydé.

Nous avons constaté que la lumière ne paraît jouer aucun rôle appréciable dans le phénomène que nous étudions.

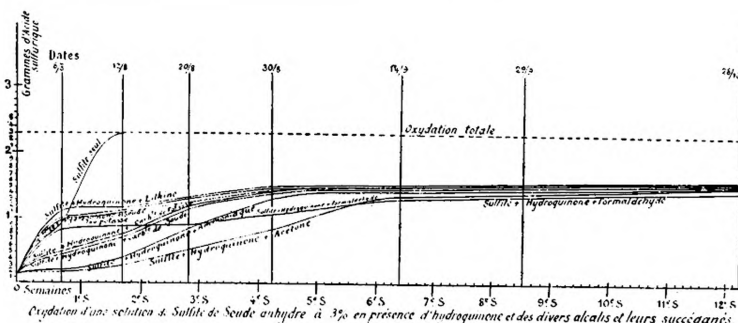
**C. Influence des alcalis.** — Il était intéressant d'étudier l'action qu'exercent, sur l'anti-oxydation, les alcalis et leurs succédanés employés dans les révélateurs photographiques.

Les expériences ont porté sur des solutions de sulfite de soude à 3 %, additionnées de 1 % d'hydroquinone et des diverses substances alcalines suivantes, en proportions équimoléculaires : carbonate de potasse, carbonate de soude, potasse caustique, soude caustique, ammoniaque, lithine, acétone et formaldéhyde (1).

Les résultats de ces expériences sont indiqués dans le tableau suivant :

**Oxydation d'une solution de sulfite de soude anhydre à 3 % en présence d'hydroquinone et des divers alcalis et leurs succédanés.**

N <sup>o</sup> des expériences	QUANTITÉ DES DIVERS ALCALIS ou de leurs succédanés renfermée dans 1 litre de solution à 3 0/0 de sulfite contenant 10 0/0 d'hydroquinone.	GRAMMES D'ACIDE SULFURIQUE (SO <sup>4</sup> H <sup>2</sup> ) Renfermés dans 100 cc. de solution de sulfite à 3 0/0						
		DATES DES EXPÉRIENCES						
		3/8	8/8	12/8	20/8	30/8	14/9	29/9
14	Témoin . . . . .	0,1780	0,3280	2,0315	2,3095	»	»	»
15	13,8 Carbonate potasse. . . .	0,1560	0,4610	0,777	1,2555	1,3120	1,356	1,4685
16	10,6 Carbonate soude anhydre .	0,1525	0,4040	0,6895	1,1875	1,2810	1,282	1,5095
17	5,6 Potasse caustique. . . .	0,1810	0,9780	1,1460	1,2640	1,3555	1,387	1,461
18	4 Soude caustique . . . .	0,1630	1,0018	1,1280	1,1385	1,1980	1,318	1,54
19	6 Ammoniaque commercial . . .	0,1765	0,2814	0,3940	0,9195	1,2785	1,3445	1,35
20	3 Lithine . . . . .	0,1690	1,1070	1,1515	1,2735	1,2805	1,3425	1,3920
21	10 Acétone. . . . .	0,1670	0,2150	0,2910	0,5585	0,8315	1,3355	1,3920
22	8 Formaldéhyde . . . . .	0,1770	0,8425	0,95	0,9810	1,0275	1,3525	1,3660



(1) On sait que les alcalis et les acétones se comportent comme des alcalis dans les révélateurs quand ils sont en présence d'un sulfite alcalin.

Ces essais montrent que le pouvoir anti-oxydant de l'hydroquinone est diminué par les alcalis ou leurs succédanés qui peuvent être classés de la façon suivante, en les plaçant par ordre d'activité décroissante : *potasse, soude, lithine, formaldéhyde, carbonate de potasse, carbonate de soude, ammoniacque et acétone*. C'est surtout au début de l'oxydation que l'on constate l'action de ces corps : à partir de la sixième semaine, ils ont produit tout leur effet et les solutions s'oxydent ensuite toutes de la même manière.

Nous avons remarqué qu'il se formait des moisissures dans les solutions de sulfite additionnées d'hydroquinone. Mais nous avons pu nous assurer par des expériences comparatives dans lesquelles les solutions ont été stérilisées, que ces moisissures semblaient se développer aux dépens de l'hydroquinone dont l'effet anti-oxydant est atténué par le microorganisme qui se développe dans la solution.

**II. Etude des réducteurs divers, au point de vue de leurs propriétés anti-oxydantes.** — Nous avons recherché si les substances réductrices diverses pouvaient jouer le même rôle que l'hydroquinone dans la conservation des solutions sulfiteuses, et comparé l'intensité de leur action anti-oxydante.

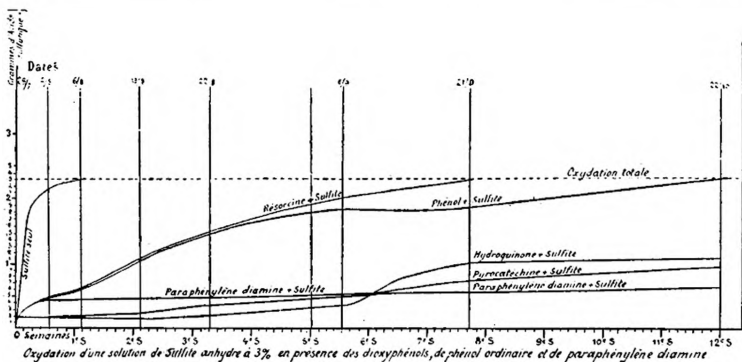
Les réducteurs ci-après ont été essayés :

- 1° *Isomères de l'hydroquinone, phénol, paraphénylène-diamine ;*
- 2° *Principaux corps développateurs : diphénols, diamines et amidophénols ;*
- 3° *Aldéhydes et cétones ;*
- 4° *Acides et sels organiques réducteurs.*

Nous rapportons, ci-dessous, les résultats des dosages :

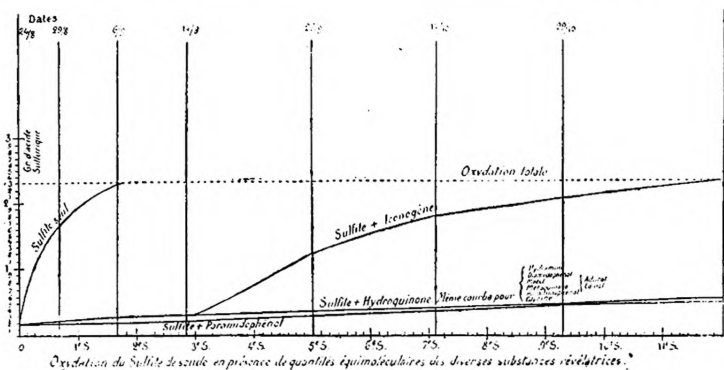
**Oxydation d'une solution de sulfite anhydre à 3 % en présence des dioxyphénols, de phénol ordinaire et de paraphénylène diamine.**

N° des expériences	POIDS DES DIFFÉRENTES SUBSTANCES contenues dans 1 litre de solution de sulfite à 3 0/0	GRAMMES D'ACIDE SULFURIQUE (SO <sup>4</sup> H <sup>2</sup> ) Renfermés dans 100 cc. de solution de sulfite à 3 0/0							
		DATES DES EXPÉRIENCES							
		29/7	2/8	6/8	13/8	22/8	6/9	21/9	22/10
23	Témoin . . . . .	0,1815	2,14	2,3055	2,3095	»	»	»	»
24	20 <sup>gr</sup> Hydroquinone . . . . .	0,1670	0,1995	0,2180	0,2895	0,3575	0,4835	1,211	1,2775
25	20 Pyrocatechine . . . . .	0,1685	0,2170	0,2425	0,3260	0,4750	0,5715	0,829	1,1080
26	20 Résorcine . . . . .	0,1695	0,4030	0,6155	1,011	1,5280	2,0825	2,31	
27	10 Phénol . . . . .	0,1690	0,4140	0,6250	1,035	1,5365	1,9050	1,92	2,2945
28	10 Paraphénylène diamine.	0,1700	0,4215	0,4430	0,4635	0,4660	0,5130	0,5255	0,5785



### Oxydation du sulfite de soude en présence de quantités équimoléculaires des diverses substances révélatrices.

N° des expériences	POIDS ÉQUIMOLÉCULAIRES des différentes substances révélatrices renfermées dans 1 litre de solution de sulfite à 3 0/0	GRAMMES D'ACIDE SULFURIQUE (SO <sup>4</sup> H <sup>2</sup> ) Renfermés dans 100 cc. de solution de sulfite à 3 0/0						
		DATES DES EXPÉRIENCES						
		24/8	29/8	6/9	14/9	29/9	14/10	29/10
29	Témoin . . . . .	0,1890	1,7200	2,301	»	»	»	»
30	0,55 Hydroquinone . . . . .	0,1770	0,2865	0,2935	0,2965	0,3310	0,3525	0,3765
31	0,85 Méthylparamidophénol (Métol). . . . .	0,2005	0,2155	0,289	0,299	0,2975	0,3275	0,3990
32	0,90 Combinaison d'hydroquinone et de métol (Métoquinone) . . . . .	0,1725	0,1995	0,201	0,2095	0,2530	0,2905	0,3605
33	0,75 Chlorhydrate de paramidophénol . . . . .	0,1765	0,1810	0,1925	0,2035	0,3065	0,3375	0,3870
34	0,85 Paraoxyphénylglycine . . . . .	0,1685	0,1705	0,1915	0,238	0,3045	0,3695	0,3910
35	0,7 Oxyméthylène paramidophénol (Edinol) . . . . .	0,1750	0,1895	0,1940	0,211	0,2595	0,2940	0,3720
36	0,95 Dibromohydroquinone (Adurol). . . . .	0,1710	0,1840	0,1925	0,2055	0,2945	0,3385	0,3890
37	1,1 Combinaison d'hydroquinone et de paraphénylènediamine (Hydramine) . . . . .	0,1705	0,1755	0,1840	0,1975	0,2645	0,3020	0,3370
38	1,2 Paraoxyamidonaphtol sulfonate de sodium (Iconogène). . . . .	0,1702	0,1710	0,2100	0,297	1,255	0,8615	2,1475

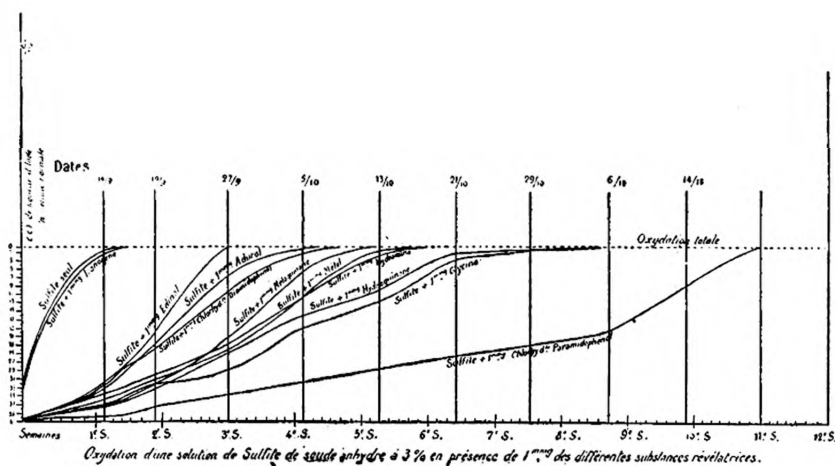




**Oxydation d'une solution de sulfite de soude anhydre à 3 % en présence de 1 mgr. des différentes substances révélatrices.**

N° des expériences	SUBSTANCES RÉVÉLATRICES dont 1 mgr. est ajouté à 1 litre de solution de sulfite à 3 0/0	CENTIMÈTRES CUBES DE LIQUEUR D'IODE 1/2 DÉCIME NORMALE employés pour 5 cc. de solution de sulfite à 3 0/0									
		DATES DES EXPÉRIENCES									
		6/9	14/9	19/9	27/9	5/10	13/10	21/10	29/10	6/11	14/11
39	Sulfite témoin . . . . .	41	0,9	0	0						
40	1 mgr Hydroquinone . . . . .	41	37,9	38,5	25,7	18,4	9,9	0,7	»	»	»
41	1 » Métol . . . . .	41	37,3	34,2	25,2	12,4	0,3	»	»	»	»
42	1 » Métoquinone . . . . .	41	37,4	32,3	21,9	6	»	»	»	»	»
43	1 » Chlorhydrate de parami- dophénol . . . . .	41	40,4	37,6	35,5	32,2	29,2	26,5	22,9	19,6	9,4
44	1 » Glycine . . . . .	41	38,3	32,9	28,7	19,8	12,3	2,4	»	»	»
45	1 » Edinol . . . . .	41	33,5	20,7	1	»	»	»	»	»	»
46	1 » Adurol . . . . .	41	33,8	23,2	7,2	0,2	»	»	»	»	»
47	1 » Hydramine . . . . .	41	36,4	30,3	23,3	12,4	0,8	»	»	»	»
48	1 » Iconogène . . . . .	41	1,9	0	»	»	»	»	»	»	»
49	1 » Diamidophénol (chlor.) . .	41	32,2	24	11,4	1,9	»	»	»	»	»

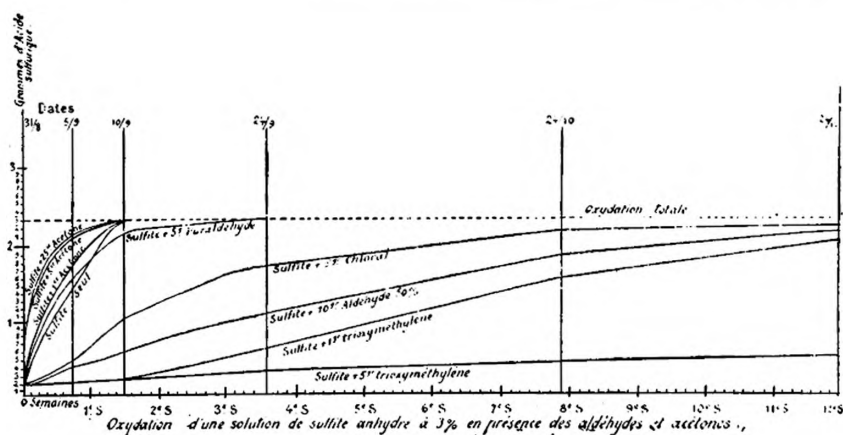
(1)



(1) Pour que ces courbes soient comparables aux précédentes, nous avons représenté la quantité totale de sulfite, soit celle qui correspond à 41 cc. de liqueur d'iode  $\frac{1}{2}$  décime normale (titrage initial) par une ordonnée de même hauteur que celle représentant dans les graphiques précédents 2 gr. 3 d'acide sulfurique, soit 3 gr. de sulfite anhydre.

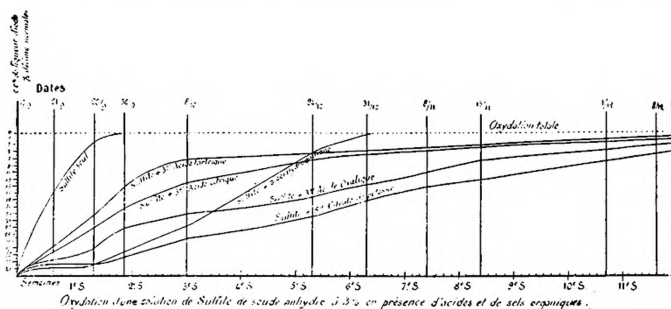
### Oxydation d'une solution de sulfite anhydre à 3 % en présence des aldéhydes et acétones.

N° des expériences	QUANTITÉS D'ALDÉHYDE ou d'acétone renfermées dans 100 cc. de solution de sulfite à 3 0/0	GRAMMES D'ACIDE SULFURIQUE (SO <sup>4</sup> H <sup>2</sup> ) renfermés dans 100 cc. de solution de sulfite à 3 0/0				
		DATES DES EXPÉRIENCES				
		31/8	3/9	10/9	24/9	24/10
50	Témoin . . . . .	0,1715	1,4605	2,30		
51	1 cc. Acétone . . . . .	0,1709	1,7655	2,291		
52	5 cc. Acétone . . . . .	0,1920	2,0715	2,325		
53	25 cc. Acétone . . . . .	0,2140	2,1375	2,278		
54	1 cc. Trioxyméthylène . . . . .	0,1960	0,2125	0,2640	0,6020	1,4745
55	5 cc. Trioxyméthylène . . . . .	0,1475	0,2115	0,2460	0,3120	0,3750
56	5 cc. Chloral . . . . .	0,1850	0,3510	0,9665	1,6755	2,0930
57	10 cc. Aldéhyde 50 0/0 . . . . .	0,1680	0,4335	0,9470	1,0965	1,7895
58	5 cc. Paraldéhyde . . . . .	0,1765	1,5690	2,069	2,311	



### Oxydation d'une solution de sulfite anhydre à 3 % en présence d'acides et de sels organiques.

N° des expériences	QUANTITÉ DES DIVERSES SUBSTANCES renfermées dans 1 litre de solution de sulfite à 3 0/0	CENTIMÈTRES CUBES DE LIQUEUR D'IODE 1/2 DÉCIME NORMALE employés pour 5 cc. de solution de sulfite à 3 0/0								
		DATE DES EXPÉRIENCES								
		17/9	21/9	20/9	30/9	8/10	24/10	31/10	8/11	15/11
59	Témoin . . . . .	41	16,9	1,8	»	»				
60	0,001 Hydroquinone . . .	41	39,4	37,8	34,4	26,6	6,1			
61	3 Acide citrique . . .	41	33,5	27,5	21,6	14,1	7,9	6,5	5,5	4,5
62	3 Acide oxalique . . .	41	33,7	33,6	28,5	23,8	17,9	15,2	12,3	8,2
63	3 Acide tartrique . . .	41	32,4	23,5	15,1	7,4	5,9	5,2	4,5	3,9
64	5 Citrate de potasse . .	41	40,2	38,2	35,5	30,9	23,7	19,9	16,5	13,9



Oxydation d'une solution de Sulfite de soude anhydre à 3 % en présence d'acides et de sels organiques.

Ces différentes séries d'essais n'ayant pas été effectuées dans des conditions identiques, il n'est pas permis de les comparer les uns aux autres d'une manière absolue : mais chaque expérience comprenant deux essais témoins, l'un portant sur une solution de sulfite seul et l'autre additionnée d'hydroquinone, on peut néanmoins établir approximativement la classification suivante, des réducteurs essayés, en les inscrivant par ordre d'activité anti-oxydante décroissante : *chlorhydrate de paramidophénol, glycine, paraphénylène-diamine, hydroquinone, pyrocatechine, métol, métoquinone, chlorhydrate de diamidophénol, adurol, édinol, iconogène.*

En résumé, l'effet anti-oxydant est très marqué avec les diphenols, diamines, amidophénols renfermant la fonction développatrice ainsi qu'avec le trioxyméthylène. Il est notablement moindre avec les acides et les sels organiques réducteurs, ainsi qu'avec le phénol et les aldéhydes.

Enfin l'acétone, seule de tous les réducteurs essayés, a augmenté l'altérabilité du sulfite, surtout à la dose de 5 cc. par litre.

**E. Influence de la concentration.** — Nous avons vérifié sur deux substances, l'hydroquinone et le chlorhydrate de diamidophénol, que l'action anti-oxydante se manifestait aussi bien avec les solutions de sulfite à 10 % qu'avec celles à 3 %, en tenant compte des différences d'oxydabilité que présentent entre elles ces solutions de concentration différente.

## QUEL EST LE MÉCANISME DE L'ANTI-OXYDATION

Nous avons démontré que les solutions aqueuses de sulfite de soude d'une part et de corps très réducteurs d'autre part, qui prises séparément s'oxydent rapidement à l'air, perdaient leur grande oxydabilité lorsqu'on les mélange.

L'action conservatrice du sulfite de soude, qui était considérée jusqu'ici comme liée à sa transformation correspondante en sulfate, n'est donc pas une conception exacte.

Les hypothèses que nous avons envisagées pour expliquer l'anti-oxydation ne nous donnent point satisfaction.

Le fait qu'il suffit d'un milligramme par litre d'hydroquinone pour empêcher

l'oxydation d'une solution sulfitique, semblerait tendre à faire assimiler l'anti-oxydation aux phénomènes diastasiques ou catalytiques.

Nous nous proposons de tenter d'approfondir cette question.

#### CONCLUSIONS D'ORDRE PRATIQUE

Indépendamment de l'intérêt théorique qu'elles peuvent présenter, les expériences précédentes montrent que l'on assure une longue conservation aux solutions étendues de sulfite de soude quand on les additionne de faibles quantités de substances anti-oxydantes.

*Quelques décigrammes de chlorhydrate de paramidophénol ou d'hydroquinone, quelques grammes, 2 ou 3 de trioxyméthylène pour un litre de sulfite de soude à 30 grammes par litre, évitent pratiquement l'oxydation de cette substance.*

Cette propriété des anti-oxydants sera sans doute susceptible de rendre d'importants services dans la préparation des révélateurs photographiques.

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

### *Sur la cause du silhouettage photographique.*

Dans une note du 9 mai 1898, *Sur le rôle de la diffusion dans les bains révélateurs* (1), j'exprimais le doute que ce fût à une cause de cet ordre que pussent être attribués, ainsi que venait de le publier M. R. COLSON (2), les accidents du *silhouettage* photographique. « Le phénomène, disais-je, ne se manifestant jamais sur pellicule ou papier, mais seulement sur verre, il ne doit être autre que celui de l'irradiation, dont W. ABNEY a formulé (3) la loi trop oubliée et A. CORNU (4) le remède trop peu appliqué. »

Ma prémisses était certainement fausse, car je suis devenu maître de produire le silhouettage à volonté sur toute émulsion, quel que soit le support. Mais il n'en sera que plus curieux de voir sortir, de cette constatation même, en la rapprochant de mes récentes recherches *Sur la fonction photographique dans ses rapports avec l'inversion* (5) et de mon *Essai de représentation de la loi du développement en fonction de sa durée* (6), la démonstration rétrospective de ma simple présomption d'autrefois (7), et une confirmation nouvelle des données de sir W. ABNEY.

D'après celles-ci, chaque sphérule de sel d'argent, en suspension dans la couche colloïde transparente devient par insolation, un centre secondaire d'irradiation, diffusant dans toutes les directions une grande proportion de l'énergie lumineuse reçue. Or, de cette diffusion, il y a lieu de faire deux parts : l'une qui, pénétrant dans le support vitreux, s'y réfléchit partiellement ou totalement, sur la face postérieure, et vient, par derrière, attaquer une seconde fois la gélatine ; c'est à celle-là que sont dûs les phénomènes, à lois bien connues, d'auréolement, improprement dits de *halo* (8) ; l'autre qui, emprisonné, dans l'épaisseur de la couche sensible, n'a qu'un rayon d'action forcément limité aux premières rencontres de granules opaques ; c'est à celle-là que le silhouettage apporte la preuve objective catégorique qui lui manquait.

Si l'on prend, sur pellicule ou sur une bande de papier, pour éliminer d'emblée toute complication d'auréolement, une série d'images, soit à travers un objectif, soit par exposition, directe avec des poses progressivement croissantes, depuis l'instantanéité jusqu'à la surexposition (*solarisation*) suffisante pour produire l'inversion de l'image d'un objet fortement contrasté tel qu'un damier, où (pour juger comparative-ment de l'influence des proportions relatives du blanc et noir) les carreaux d'une fenêtre profilant sur le ciel, par paires, des découpures de papier noir avec leurs contreparties à jour, on constate en soumettant le tout au même développement, que, sur la série des images allant du négatif au positif, le trait noir du silhouettage ne se montre jamais que comme phase intermédiaire et transitoire, quoique constante et nécessaire, de l'inversion finale, c'est-à-dire comme indice d'un excès de pose par rapport

(1) *Comptes-rendus*, t. CXXVI, 1898, p. 1441.

(2) *Comptes-rendus*, t. CXXVI, 1898, p. 471. Nous reproduisons les deux communications de M. COLSON et de M. GUÉBARD, ci-dessous.

(3) *Philos. Magazine*, 4<sup>e</sup> série, t. L, 1875, p. 46.

(4) *Comptes-rendus*, t. CX, 1890, p. 551.

(5) *Soc. fr. de Phys.*, 3 février 1905.

(6) *Comptes-rendus*, t. CXXVIII, 1904, p. 491.

(7) Présomption si bien oubliée que M. P. VILLARD ayant évoqué à la *Société de Physique* (3 février 1905) la question du silhouettage, je ne trouvai à rappeler, à ce sujet, que l'observation de M. R. COLSON.

(8) A. GUÉBARD, *L'Auréole photographique* (*Monit. de la Phot.*, t. XXIX, 1890, p. 115).



au développement employé, ou de développement par rapport à la pose (1). Le bain jouant, vis-à-vis des poses variables, le rôle de constante d'expérience, les phénomènes de son intimité ne sauraient être invoqués comme cause et encore moins la circonstance, ici absente, d'une superposition d'impressions que, tout récemment (2), M. P. Villard donnait comme raison exclusive des premiers silhouettages observés par lui.

Examinons donc la genèse du phénomène. A la place de la ligne noire du silhouettage s'aperçoit, sur la figure normalement développée, une légère bavure de pénétration lumineuse, débordant de la place la plus impressionnée, et faisant paraître plus grande l'image d'un objet blanc sur noir que noir sur blanc. Mais au fur et à mesure que la prolongation du développement tend à engraisser les blancs du cliché et à éclaircir les noirs, on voit ceux-ci se détacher nettement de leur bord dégradé, qui, se fonçant au contraire en ligne nette, semble tirer à lui le voile montant du côté opposé, jusqu'à ce que celui-ci l'atteigne et finalement l'absorbe, pour donner, au moment de l'inversion achevée, une image positive à contours francs et à proportions restituées.

Tous ces faits s'expliquent avec la plus grande simplicité si l'on considère d'abord que, sur toute émulsion ayant reçu côte à côte deux impressions très contrastées, il doit se former nécessairement une troisième zone intermédiaire, impressionnée indirectement par l'irradiation tangentielle, partie du bord de la zone la plus fortement illuminée pour se dégrader rapidement vers l'ombre. Or, si l'on se reporte au schéma que j'ai donné (3) de la marche du développement en fonction du temps pour des valeurs diverses d'impression, on voit tout de suite que, sur un phototype ne comportant que trois valeurs, deux extrêmes et une moyenne, tandis que la courbe de celle-ci s'attarde en plateau, les deux extrêmes, l'une par une chute rapide, l'autre par une lente ascension, assez bas, se recoupent, bien avant que la plus haute, à son tour, descende pour se croiser avec celle qui monte encore. L'apparition du silhouettage, c'est le croisement de la courbe moyenne par la chute de la plus haute ; son maximum, le croisement des deux courbes extrêmes (uniformité du fond) ; sa fin apparente, le dernier croisement ; et sa résurrection en dégradé retourné, la prolongation de marche de toutes les courbes en ordre de superposition inversé.

(Communication du Dr A. GUÉBARD, à la séance du 13 mars 1905  
de l'Académie des Sciences, t. CXL, p. 175.)

### ***Influence de la diffusion des éléments du révélateur dans le développement photographique.***

Les résultats suivants ont pour point de départ une étude détaillée (4) que j'ai faite au sujet de l'action de la main sur la plaque au gélatino-bromure. En disposant sur le verre d'une plaque retournée sur le bain révélateur soit les doigts, soit des corps métalliques chauffés par la main ou par une autre source calorifique, j'ai montré que la chaleur produit l'impression en accélérant l'oxydation du révélateur et la réduction du

(1) On peut, en effet, répéter les mêmes observations en soumettant, à des bains d'intensité ou de durée croissante, soit des poses rigoureusement égales, soit des séries identiques comme on les obtient en découpant longitudinalement en plusieurs rubans un rouleau impressionné transversalement. Dans tous les cas, on voit l'accroissement d'énergie chimique emprunté au bain agir exactement comme l'accroissement d'énergie physique tiré de la pose, pour resserrer vers l'origine la zone silhouettée et la faire disparaître tout à fait au moment de l'inversion généralisée.

(2) *Société française de Physique*, 3 février 1905.

(3) *Comptes-rendus*, t. CXXVIII, 1904, p. 492, voir ci-dessus, p. 111, fig. 2.

(4) Communication faite à la *Société française de Photographie*, le 3 décembre 1897 (*Bulletin* du 1<sup>er</sup> janvier 1898).

bromure d'argent; j'ai montré aussi que l'appauvrissement qui en résulte dans le révélateur en contact avec les parties impressionnées détermine un appel des substances actives qui se trouvent encore en dissolution dans les parties voisines, d'où régions plus claires et apparences semblables à des effluves. Ce phénomène de diffusion est intimement lié au développement et doit se retrouver dans d'autres modes d'impression lorsque les conditions sont analogues, en particulier avec un révélateur en repos. La différence avec la lumière consistera en ce que, pour la chaleur, le passage d'une région chaude à une région froide se fait sur un large espace, tandis que, pour la lumière, le passage d'une région éclairée à une région obscure peut avoir lieu brusquement et sans transition.

« Supposons qu'on développe une plaque sur laquelle se trouvent deux impressions lumineuses voisines, d'intensités notablement différentes; et considérons dans l'impression la plus forte une petite surface; la portion du révélateur qui est en contact avec cette surface s'appauvrit en éléments du révélateur par le développement, d'où appel tendant à puiser ces éléments par diffusion tout autour dans un certain rayon. Si la petite surface est loin du bord, les actions latérales sont symétriques; mais si, tout en restant à l'intérieur de l'impression forte, elle vient près de la région moins impressionnée, dans laquelle les éléments du révélateur sont moins consommés, ceux-ci répondent à l'appel en plus grande quantité. Il en résulte que, le long de la limite commune, la teinte foncée est bordée intérieurement d'un trait encore plus foncé, et la teinte claire d'un trait encore plus clair. Ce phénomène est favorisé par le repos du révélateur. On en voit des exemples très nets sur des clichés développés dans ces conditions, et provenant d'impressions par la lumière ou par les rayons Röntgen.

« Un révélateur maintenu en mouvement peut aussi produire cet effet de *silhouettage* s'il agit très rapidement, comme le métol: l'attaque immédiate de la surface bouche par le dépôt d'argent les pores superficiels, ce qui oblige l'appel à s'exercer latéralement dans l'intérieur de la gélatine.

« Pour étudier l'influence de l'épaisseur du bain sur la diffusion, j'ai fait l'expérience suivante :

« Deux plaques, l'une A impressionnée sous un cliché, l'autre B modérément voilée, sont inclinées l'une sur l'autre dans le révélateur, depuis le contact jusqu'à un écartement de 3 mm., les gélatines en regard; le révélateur au métol, très dilué, est laissé en repos. Au bout d'une heure, la plaque A montre une image qui, pour les épaisseurs de bain supérieures à 1 mm., est voilée et couverte des stries bien connues qui prennent naissance dans le développement tranquille; puis, l'image diminue d'intensité avec l'épaisseur, en restant encore très visible jusqu'au contact et très pure pour une épaisseur de 0 mm., 5 et au-dessous. Le *silhouettage* se manifeste nettement, surtout lorsque l'épaisseur devient inférieure à 1 mm. Si l'on examine maintenant la plaque B, on voit que l'intensité de la teinte y diminue en même temps que l'épaisseur du bain, et devient nulle près du contact des deux plaques. De plus, pour une épaisseur inférieure à 1 mm., elle montre un *néгатif de l'image de A*, c'est-à-dire, en face des parties où le révélateur a été plus ou moins supprimé. Ce résultat met bien en évidence l'influence de la diffusion dans un rayon de l'ordre du millimètre et confirme l'explication du *silhouettage*.

« J'ai repris cette expérience avec M. Cousin, au laboratoire de la Société française de Photographie.

« Après avoir vérifié que le négatif se fait d'autant mieux sur la plaque B que les deux plaques sont plus rapprochées, sans être jamais net, même au contact, à cause du rayon de diffusion, nous avons constaté qu'en réduisant au minimum l'épaisseur d'un révélateur énergique (l'ortol), c'est-à-dire en posant une lame de verre dans le bain sur la plaque à

développer, les oppositions sont ménagées dans une très forte mesure, comme si l'on ajoutait du bromure de potassium.

« Nous avons été ainsi amenés à penser que les effets, produits dans ces espaces restreints, sont dus non pas seulement à l'épuisement des substances actives du révélateur, parmi lesquels figure le bromure alcalin retardateur que l'on sait produit par la réduction du bromure d'argent. De là aussi une application que j'appellerai *développement confiné* ; il consiste à plonger la plaque dans l'eau pendant environ une minute, puis à la mettre dans un révélateur énergique et à la recouvrir presque aussitôt d'une lame de verre ; ce moyen très simple, qui peut être réglé à volonté, équivaut à des variations très étendues dans la composition du bain sans qu'il soit nécessaire de modifier celui-ci.

« Au point de vue photographique, le silhouettage tend à affermir et à durcir les contours ; il est avantageux dans les reproductions au trait et ne présente d'inconvénient dans les demi-teintes que s'il est trop accentué et s'il s'applique aux lointains.

« En Physique, il est de nature à fausser l'interprétation de certaines expériences, par exemple dans le domaine des rayons Röntgen, en donnant des apparences qui peuvent être attribuées à la marche des rayons, tandis qu'elles proviennent des circonstances du développement : bain tranquille, surtout en faible épaisseur, ou révélateur trop rapide. »

(Communication de M. R. COLSON à la séance du 7 février 1898  
de l'Académie des Sciences.)

N. B. La communication du Dr GUÉBIARD (9 mai 1898) paraîtra dans le prochain numéro, ainsi qu'une réponse de M. P. VILLARD.

---

#### ERRATA du n° 3 (Juin 1905).

---

Page 72, ligne 9, au lieu de : la barre du gouvernail, lire : la barre ou gouvernail.

Page 74, ligne 3, après : l'appareil photographique, ajouter : si le navire a deux mâts, le plus simple est de prendre comme base l'écart entre ces deux mâts.

Page 75, à la fin, au lieu de : A. L. MÉE, lire : A. LE MÉE.

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

# ACTION DE LA LUMIÈRE SUR QUELQUES COMPOSÉS CHIMIQUES

par D. TOMMASI



## CHLORURE D'ARGENT

On connaît depuis longtemps la propriété singulière que possède le chlorure d'argent de prendre une teinte violacée lorsqu'il est soumis à l'action de la lumière diffuse, ou, mieux encore, à l'action directe des rayons solaires.

Ce changement de teinte tient-il à une transformation physique, à un état isomérique, comme cela s'observe pour le phosphore blanc lorsqu'il se transforme dans sa modification rouge, ou bien faut-il l'attribuer à une véritable décomposition chimique?

Une expérience des plus simples permet aisément de répondre à cette question.

Qu'on expose à la lumière solaire du chlorure d'argent, et l'on pourra observer que, tandis qu'il noircit, il se dégage en même temps du chlore, facile à reconnaître et à sa teinte jaunâtre et à son odeur forte et suffocante.

Ainsi donc, le chlorure d'argent, en perdant l'un de ses éléments, doit nécessairement subir une transformation chimique, et le changement de teinte qui en résulte ne peut être attribué qu'à la formation d'un nouveau composé.

Mais quel est ce nouveau composé, quelle en est la formation chimique et quelles en sont enfin les propriétés?

Sur ce point règne la plus grande confusion.

Et en effet, si l'on examine les divers travaux qui ont été publiés sur cette question, on peut reconnaître que, dans la plupart des cas, leurs conclusions sont des plus contradictoires.

SCHEELE, en 1777, était arrivé à cette conclusion, que le chlorure d'argent perdait, sous l'influence de la lumière, la moitié de son chlore en se transformant en chlorure violet.

D'après REGNAULT (1), le chlorure d'argent en suspension dans l'eau dégage de l'oxygène, et la liqueur renferme, au bout de quelque temps, de l'acide chlorhydrique. Si le chlorure est sec, il se dégage du chlore. Dans les deux cas, en traitant par l'ammoniaque la matière altérée, on dissout du chlorure d'argent incolore, et il reste de l'argent métallique sous forme de poussière noire.

Comme on le sait, REGNAULT passe sous silence la cause de la transformation du chlorure blanc en chlorure violet.

Dans le *Traité de Chimie* de PELOUZE et FREMY (2), on lit que le chlorure d'argent exposé à la lumière se décompose en se transformant en sous-chlorure  $\text{Ag}^2\text{Cl}$ .

Suivant DAVANNE et GIRARD (3), le chlorure d'argent, sous l'influence de la

(1) *Cours de Chimie*, t. III, p. 348.

(2) *Traité de Chimie*, t. III, p. 636.

(3) *C. R. Ac. des sciences*, t. LVIII, p. 680.



lumière, se résoudrait en ses éléments, et ils basent leur opinion sur les considérations suivantes :

1° Que le produit de l'action lumineuse sur le chlorure d'argent est soluble à chaud dans l'acide azotique, tandis que le sous-chlorure  $\text{Ag}^2\text{Cl}$  ne l'est pas du tout ;

2° Que le composé noir débarrassé, au moyen de l'hyposulfite de sodium, du chlorure d'argent non réduit, ne renferme pas trace de chlorure.

BECQUEREL (1) pense qu'il se forme tout d'abord un sous-chlorure violet  $\text{Ag}^2\text{Cl}$ , qui serait ensuite décomposé en ses éléments par une action suffisamment prolongée de la lumière.

Les faits que ce savant cite sont les suivants :

1° Le chlorure d'argent noirci par la lumière se décompose immédiatement lorsqu'il est traité par les dissolvants ordinaires du chlorure d'argent blanc, tels que l'ammoniaque, l'hyposulfite de sodium, etc. ; le chlorure non altéré se dissout, et il reste un résidu d'argent métallique, entièrement soluble dans l'acide azotique. Si l'on traite, au contraire, le chlorure d'argent noirci par la lumière avec de l'acide azotique, celui-ci ne s'empare de l'argent qu'après un temps relativement long.

2° Lorsqu'on expose à l'action du spectre solaire une lame d'argent dont la surface est recouverte d'une couche de chlorure d'argent préalablement coloré par la lumière, ce composé acquiert des teintes spéciales dans le rouge et dans le bleu du spectre ; or, ces teintes sont identiques à celles que donnerait le sous-chlorure formé directement par voie chimique sans l'intervention de la lumière.

Il est donc probable, ajoute BECQUEREL, que ce composé existe dans le chlorure ayant subi l'action de la lumière, car autrement, si ce chlorure était composé d'un mélange de chlorure blanc  $\text{AgCl}$  et d'argent métallique, on n'observerait aucun effet de ce genre.

Selon von BIBRA (2) le chlorure d'argent ne renferme pas de sous-chlorure. VOGEL (3) pense, au contraire, que le chlorure noirci ne contient pas d'argent métallique, mais plutôt un sous-chlorure ayant pour formule  $\text{Ag}^2\text{Cl}$ .

En présence de résultats aussi contradictoires, j'ai pensé qu'il était utile de reprendre l'étude de la lumière sur le chlorure d'argent, et voici ce que j'ai pu observer (4) :

Du chlorure d'argent *sec* fut étalé dans un large cristalliseur fermé par une plaque de verre.

Toutes les demi-heures environ, on soulevait la plaque en verre, afin de renouveler en même temps l'air et la surface du chlorure d'argent. On a laissé le chlorure d'argent exposé au soleil jusqu'à ce que sa teinte n'ait plus varié d'une façon sensible.

Pour doser le chlore contenu dans le chlorure noirci, j'ai employé la méthode suivante :

(1) *Les Effets de la lumière*, t. II, p. 65.

(2) *Berichte der deutschen chem. Ges.*, p. 744.

(3) *Effetti chimici della luce*, p. 114.

(4) Voir les *C. R. de l'Institut Lombard de Milan*, 1878.



Un poids donné de ce chlorure était chauffé avec quelques morceaux de zinc et de l'eau distillée, en ayant soin de remuer constamment la masse avec une lame de zinc.

Dans le liquide filtré, on dosait la quantité de chlorure formée au moyen d'une solution titrée d'azotate d'argent.

La quantité de chlore que j'ai trouvée a été, à peu de chose près, la même que si le chlorure n'avait pas été exposé à l'action de la lumière.

Ce même chlorure violet ayant été de nouveau exposé au soleil pendant vingt-deux jours, a donné à l'analyse les résultats suivants :

		QUANTITÉ DE CHLORE POUR 100	
		trouvée	calculée pour AgCl
I.	. . . . .	24,11	24,73
II.	. . . . .	24,11	»
III.	. . . . .	24,20	»

En prolongeant encore pendant dix-huit jours l'action du soleil sur le même chlorure d'argent, j'ai trouvé : 23,23 pour cent de chlore.

Du chlorure d'argent blanc exposé au soleil pendant trente jours a donné les quantités de chlore suivantes :

		QUANTITÉ DE CHLORE POUR 100	
		trouvée	calculée pour AgCl
I.	. . . . .	24,31	24,73
II.	. . . . .	24,47	»

Du chlorure d'argent blanc *humide* et récemment précipité fut introduit dans un flacon à moitié rempli d'eau distillée puis on l'exposa au soleil, en ayant soin d'agiter le flacon de temps en temps. Toutes les heures environ, on laissait déposer le chlorure d'argent et l'on changeait l'eau.

Après trente jours que ce chlorure fut exposé au soleil, on en fit l'analyse et l'on trouva

		QUANTITÉ DE CHLORE POUR 100	
		trouvée	calculée pour AgCl
I.	. . . . .	21,97	24,73
II.	. . . . .	21,99	»

La dissociation du chlorure d'argent dans l'eau est, du reste, excessivement faible. Un décigramme du chlorure d'argent violet ci-dessus ayant été mis en suspension dans deux litres d'eau distillée et exposé au soleil pendant soixante jours contenait encore beaucoup de chlore.

Il résulterait donc de mes expériences que, quand le chlorure d'argent est exposé au soleil, il ne serait jamais transformé entièrement ni en  $\text{Ag}^2\text{Cl}$  ; la partie décomposée serait tout à fait minime et ne pourrait être considérée que comme une simple dissociation.

Il est évident que, en prolongeant l'action de la lumière sur le chlorure, et surtout en ayant soin d'enlever le chlore au fur et à mesure qu'il se dégage, on

parviendrait à décomposer le dit chlorure en Ag et Cl, mais on ne pourrait pas dire que la lumière *décompose* le chlorure d'argent. Le véritable caractère d'une décomposition chimique est de se produire en un temps très court; autrement, quelle différence y aurait-il entre une dissociation et une décomposition?

En résumé, je crois que le chlorure d'argent, sous l'influence des rayons solaires, éprouve une décomposition partielle proportionnelle à sa surface, au temps d'insolation et à l'intensité de la lumière. Une quantité très petite de chlorure d'argent serait transformée en  $\text{Ag}^2\text{Cl}$  ou  $\text{Ag}^4\text{Cl}^3$  (1) qui finirait par se décomposer en Ag et Cl par une exposition prolongée au soleil, de sorte que le chlorure d'argent violet contiendrait des quantités très variables de AgCl, de  $\text{Ag}^2\text{Cl}$ , de  $\text{Ag}^4\text{Cl}^3$  et d'argent métallique.

Certains auteurs n'étant pas d'accord sur plusieurs propriétés du chlorure d'argent, j'ai pensé qu'il était utile de reprendre cette étude, et voici ce que j'ai observé :

1° Le chlorure d'argent blanc, exposé au soleil dans un flacon bouché à l'émeri contenant de l'eau saturée de chlore acquiert en peu de temps une teinte légèrement violacée, laquelle ne devient pas plus foncée par une exposition prolongée au soleil. Il s'établit, dans cette circonstance, un état d'équilibre entre l'action de la lumière sur le chlorure blanc et l'action du chlore sur le chlorure violet, qui a pour effet d'empêcher la lumière de noircir le chlorure blanc et le chlore de blanchir le chlorure violet ;

2° Le chlorure d'argent blanc desséché, placé dans un tube de verre scellé à la lampe, devient violacé lorsque le tube est exposé au soleil, et redevient blanc quand le tube est placé dans l'obscurité. Cette expérience peut être répétée plusieurs fois, et le résultat obtenu est toujours le même ;

3° Le chlorure d'argent violet sec, agité avec de l'eau de chlore, dans l'obscurité, blanchit en peu de temps ;

4° En faisant bouillir le chlorure violet avec de l'acide azotique, il ne redevient pas blanc.

#### SOUS-CHLORURE D'ARGENT

Lorsqu'on plonge, pendant dix ou quinze minutes, dans une solution de chlorure ferrique concentrée une lame d'argent, celle-ci se recouvre d'une couche excessivement mince de sous-chlorure d'argent violet foncé. Si l'on expose ensuite cette lame à la lumière après l'avoir lavée et essuyée, on observe ce fait singulier qu'elle *blanchit* ou du moins que sa teinte devient plus claire.

En exposant cette lame recouverte de sous-chlorure aux différentes parties du spectre solaire, voici les résultats obtenus :

*Rayons rouges.* — La teinte du sous-chlorure devient *plus foncée*.

(1) Ce chlorure a été obtenu directement par von BIRNBAUM, en décomposant par l'acide chlorhydrique le citrate argentique, produit qui se forme lorsqu'on chauffe le citrate argentique dans un courant d'hydrogène.

*Rayons jaunes.* — La teinte du sous-chlorure devient un peu plus foncée, mais pas autant dans les rayons rouges.

*Rayons verts.* — La teinte du sous-chlorure blanchit légèrement.

*Rayons bleus.* — La teinte du sous-chlorure blanchit aussi fortement que dans la lumière blanche.

*Rayons violets.* — La teinte du sous-chlorure blanchit très faiblement.

## BROMURE D'ARGENT

Dans un large vase de verre (cristalliseur) contenant 4 litres d'eau distillée, j'ai introduit une certaine quantité de bromure d'argent (environ 30 gr.) humide et récemment précipité. Le tout fut exposé au soleil pendant les trois mois d'été, en ayant soin de renouveler constamment la surface du bromure et de changer de temps en temps l'eau qui le recouvrait. Après ce temps, le bromure d'argent, qui était brun, fut recueilli sur un filtre, lavé et séché à 100°.

Ce bromure donna à l'analyse (1) la quantité suivante de brome :

QUANTITÉ DE BROME POUR 100		
	trouvée	calculée pour AgBr
I. . . . .	40,13	42,55
II. . . . .	40,24	»
III. . . . .	40,26	»
IV. . . . .	40,46	»
V. . . . .	40,49	»

Il résulte donc de ces expériences que le bromure d'argent perd environ 2,30 pour cent de brome.

Le brome d'argent comporterait donc d'une façon identique un chlorure d'argent exposé à l'action des rayons solaires (2), c'est-à-dire que : la partie décomposée serait tout à fait minime et ne pourrait être considérée que comme une simple dissociation.

Le bromure d'argent brun (insolé) serait constitué, en réalité, par un mélange très variable de AgBr, de Ag<sup>2</sup>Br et de Ag.

## IODURE D'ARGENT

Ce composé ne s'altère pas par l'action de la lumière ; exposé pendant des mois à l'action directe des rayons solaires, il n'avait perdu que des traces insignifiantes d'iode.

(1) Même méthode employée que pour le chlorure.

(2) Le chlorure d'argent perd, dans les mêmes conditions, 2,73 pour cent de chlore.

## HYDRATE FERRIQUE (1).

On sait que l'hydrate ferrique, conservé même sous l'eau, perd au bout de quelque temps la propriété de se dissoudre dans les acides dilués. Dans le but de reconnaître la cause de ce phénomène, j'ai fait les expériences suivantes :

Dans trois flacons bouchés à l'émeri A, B, C, contenant chacun 500 cm<sup>3</sup> d'eau distillée, j'ai mis 50 gr. d'hydrate ferrique humide et récemment précipité (2).

Le flacon A fut exposé, toutes les fois qu'il était possible, à l'action des rayons solaires, le flacon B fut placé à la lumière diffuse et enfin le flacon C fut gardé dans l'obscurité la plus complète.

Après une année, j'ai mis fin à l'expérience et voici ce que j'ai observé :

1° Que l'aspect de l'hydrate ferrique contenu dans les trois flacons A, B, C, était notablement différent de l'hydrate de fer récemment précipité. En effet, il n'était plus gélatineux et sa teinte, de brune qu'elle était auparavant, était devenue rouge-jaunâtre.

2° Que l'hydrate ferrique au bout d'une année s'était transformé en grande partie en hydrate de fer insoluble dans les acides dilués, et en petite partie en hydrate de fer soluble dans l'eau ayant tous les caractères de l'hydrate colloïdal de Graham.

Voici maintenant dans quelles proportions ces divers hydrates ferriques étaient contenus dans chacun des trois flacons A, B et C.

FLACON A. — *Hydrate ferrique exposé au soleil.*

Hydrate ferrique soluble dans l'acide chlorhydrique dilué (3). . .	67,075
— colloïdal soluble dans l'eau . . . . .	0,281
	<hr/> 100,000

FLACON B. — *Hydrate ferrique exposé à la lumière diffuse.*

Hydrate ferrique soluble dans l'acide chlorhydrique dilué . . .	67,962
— insoluble dans le même acide . . . . .	31,757
— colloïdal soluble dans l'eau . . . . .	0,271
	<hr/> 100,000

(1) Voir pour plus de détails : Les recherches sur les divers hydrates ferriques, par D. Tommasi (Moniteur scientifique du Dr Quesneville de février 1888, p. 164-186).

(2) L'hydrate ferrique a été obtenu en précipitant une solution de chlorure ferrique par l'ammoniaque. Le précipité gélatineux recueilli sur un filtre fut lavé jusqu'à complète élimination du chlorure d'ammonium et de l'ammoniaque.

(3) Acide chlorhydrique à 22° B (D = 1,18). . . . .	96 parties.
Eau distillée . . . . .	4 —
— insoluble dans le même acide . . . . .	32,744

FLACON C. — *Hydrate ferrique placé dans l'obscurité.*

Hydrate ferrique soluble dans l'acide chlorhydrique dilué . . . . .	72,876
— insoluble dans le même acide . . . . .	26,786
— colloïdal soluble dans l'eau . . . . .	0,338
	<hr/> 100,000

Les conclusions que l'on peut tirer de ce travail sont les suivantes :

1<sup>re</sup> Que la faible solubilité dans les acides que présente l'hydrate ferrique qui a été conservé pendant quelque temps sous l'eau, ne tient pas à une modification complète de la totalité de l'hydrate, mais elle est due à la transformation d'une partie de celui-ci en hydrate ferrique insoluble ;

2<sup>e</sup> Qu'en outre de cet hydrate insoluble, il se produit aussi une petite quantité d'hydrate ferrique colloïdal soluble dans l'eau, mais précipitable par le sulfate de sodium ;

3<sup>e</sup> Que la lumière augmente la proportion de l'hydrate ferrique insoluble et de l'hydrate colloïdal, mais que la quantité de ces deux hydrates reste à peu près la même que l'on opère à la lumière diffuse ou à la lumière directe des rayons solaires.

## OXYDES DE PLOMB

D'après les récentes expériences que j'ai faites il résulte que la réduction de la litharge ou du minium par l'hydrogène provenant de l'électrolyse de l'eau acidulée, se produit plus rapidement à la lumière que dans l'obscurité. Le contraire a lieu dans la transformation de la litharge ou du minium en peroxyde de plomb par l'action de l'oxygène électrolytique, oxydation qui a lieu plus rapidement dans l'obscurité qu'à la lumière. J'ai observé également que le plomb réduit à la lumière a une teinte plus claire que le plomb réduit dans l'obscurité. Il en est de même du peroxyde de plomb dont la teinte est d'un brun foncé lorsqu'il a été formé dans l'obscurité et d'un brun rougeâtre lorsqu'il a été formé à la lumière solaire.

De ce qui précède il résulte donc : que les réductions électrolytiques se produisent plus rapidement à la lumière et que par contre les oxydations s'effectuent plus rapidement dans l'obscurité.



LES

# CRISTAUX D'ACIDE PYROGALLIQUE

---

Les cristaux d'acide pyrogallique sont très intéressants à étudier, lorsqu'on les observe au microscope avec ou sans le polariscope. L'acide pyrogallique se dissout rapidement dans l'éther, l'alcool méthylique ou l'eau et donne avec l'un et l'autre de ces dissolvants des cristallisations curieuses, très faciles à préparer. Dissous dans l'éther, les cristaux produits par l'évaporation du dissolvant se présentent à l'œil nu sous l'aspect d'un groupement de coquilles de nacre ; mais en raison de la rapidité de l'évaporation, les cristaux manquent de variété et de délicatesse.

Lorsque l'acide pyrogallique est dissous dans l'alcool méthylique, les cristaux sont de formes beaucoup plus variées, à la condition toutefois que l'évaporation ait lieu dans un endroit frais.

La solution aqueuse forme un dépôt cristallin qui est loin d'avoir l'aspect régulier et pittoresque des cristaux provenant de solutions alcooliques, mais si dans l'ensemble ces cristaux produisent moins d'effet, ils offrent par contre, à l'examen microscopique, une variété infiniment plus grande comme dimensions et comme structure.

Pour donner les meilleurs résultats, la solution doit être mise à évaporer dans un endroit frais et humide. Pour préparer ces cristallisations, il suffit de verser une petite quantité d'une solution de pyro, on chasse l'excès de liquide et on met à sécher comme il est dit précédemment.

La fig. 1 est une photographie de cristaux d'acide pyrogallique formés sur une plaque de verre. La reproduction laisse parfaitement distinguer l'aspect nacré de ces cristallisations. La plaque représentée ici avait été recouverte d'une solution d'acide pyrogallique dans l'éther.

La fig. 2 est une photomicrographie du centre de radiation des « coquilles » figurées en 1. On remarquera que les cristaux partent tous d'un centre commun et ressemblent à un faisceau de baguette. L'effet est plus frappant qu'artistique.

La fig. 3 est une photographie obtenue avec un objectif microphotographique à faible grossissement. Ce sont des cristaux d'acide pyrogallique formé par l'évaporation d'une solution de pyro dans l'alcool méthylique. Cette photographie représente un groupe de cristallisations situées à l'extrême bord de la préparation.

La fig. 4 nous montre un groupe de cristaux formés par l'évaporation d'une solution aqueuse, malheureusement la photographie est loin de rendre toute la délicatesse de cette cristallisation telle que permet de la voir l'oculaire microscopique. On remarquera que des cristallisations extrêmement délicates alternent avec les cristaux de très grandes dimensions.

Une cinquième reproduction a été obtenue d'après la même préparation que la fig. 4, mais avec le polariscope. Les cristaux de pyro donnent avec la lumière polarisée des effets de couleurs variant à l'infini. Malheureusement cette richesse

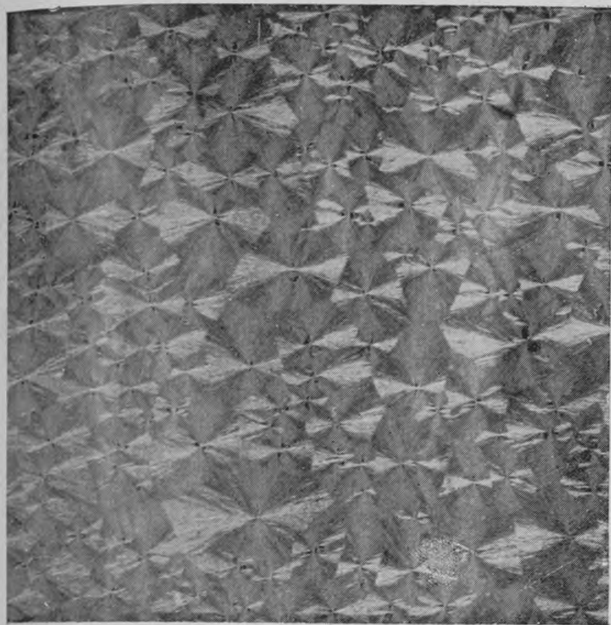


Fig. 1. — Groupe de cristaux d'acide pyrogallique dissous dans l'éther, grandeur naturelle.

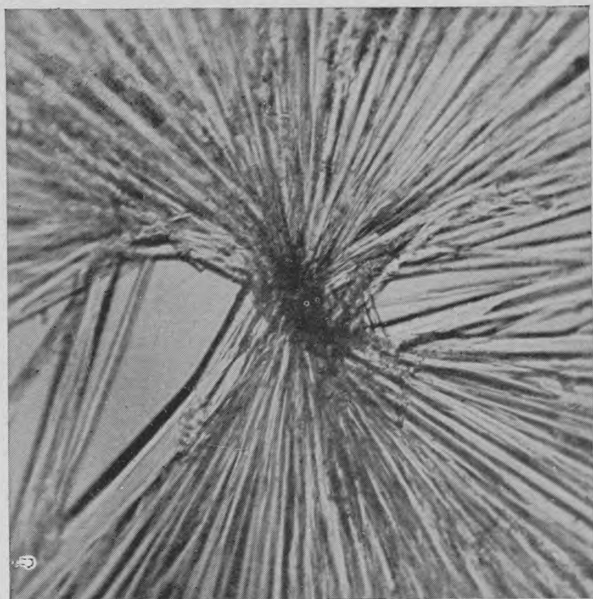


Fig. 2. — Photomicrographie du point de radiation d'un groupe de cristaux.

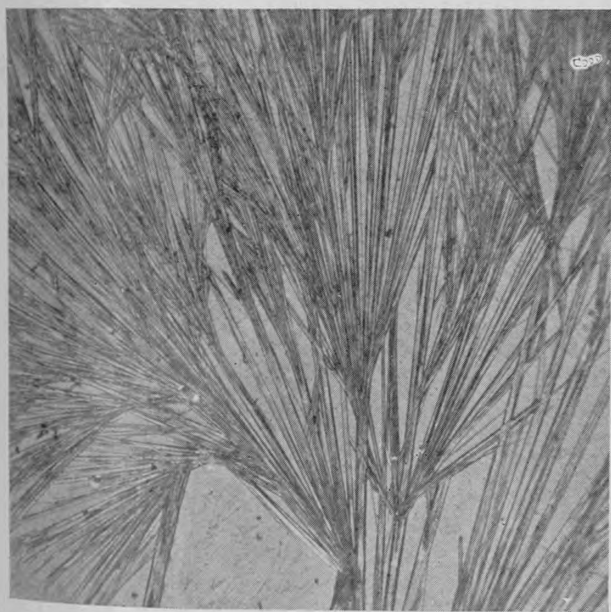


Fig. 3. — Photomicrographie de cristaux d'acide pyrogallique dissous dans l'alcool méthylique.

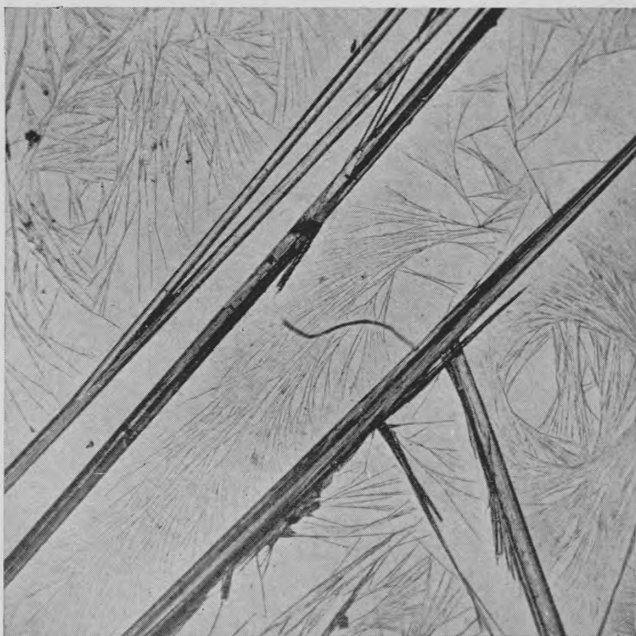


Fig. 4. — Cristaux d'acide pyrogallique dissous dans l'eau.





de couleurs ne peut être reproduite ici, mais la photographie permet encore de juger des effets d'ombres et de lumière.

Les solutions aqueuses de pyro donnent les meilleurs résultats avec le polariscope, et dans toutes les parties du dépôt on peut observer de merveilleux effets de coloration. En règle générale il vaut mieux faire emploi d'un objectif à faible grossissement (2, 3 à 4 m.); mais pour certains cas spéciaux et pour les cristallisations très délicates il peut être nécessaire d'avoir recours à un plus fort grossissement.

J.-I. PIGG, F. R. P. S.

(Traduit de *The British Journal of Photography*, 5 février 1904).

---

# RÉACTIONS DE L'ACIDE CHROMIQUE ET DES CHROMATES SUR LES SUBSTANCES ORGANIQUES

AU POINT DE VUE DE LEUR UTILISATION PHOTOGRAPHIQUE

Par le Docteur J.-M. EDER

(Suite et fin)

## RÉACTIONS DE DIVERSES SUBSTANCES SUR LA GÉLATINE

Nous avons, l'an dernier, résumé divers articles traitant de l'action des aluns sur la gélatine ; nous supprimons donc de l'article du Dr EDER les pages traitant de ce sujet qui feraient double emploi avec les études plus récentes déjà publiées.

Les acides chlorhydrique, sulfurique et azotique étendus accélèrent considérablement la dissolution de la gélatine coagulée par l'alun de chrome, tandis que l'acide acétique, même à l'ébullition, n'a presque aucun effet. Une lessive de potasse ou de soude, même très étendue, ramollit et dissout rapidement la gélatine insolubilisée ; le chlorure de calcium présente, quoique à un degré moindre, un effet analogue ; le permanganate de potassium accélère notablement l'action dissolvante de l'eau bouillante et dépose en même temps dans la couche de l'oxyde brun de manganèse qui dans le cas d'épreuves au charbon renforce notablement les images.

Lorsqu'on cherche à étendre des solutions de gélatine alunée et que celles-ci s'épaississent au point de ne plus présenter la fluidité nécessaire, l'addition d'une quantité très minime d'acide acétique empêche une prise en gelée trop rapide sans empêcher l'insolubilisation après séchage.

On évitera en général l'addition d'alun de chrome aux préparations photographiques, hors cependant le cas des planches phototypiques qui, par addition d'alun de chrome en très minime quantité, acquièrent une plus grande résistance mécanique aux pressions et aux frottements ; il est d'ailleurs noté que si l'alun de chrome empêche la dissolution de la gélatine il ne s'oppose en rien à son gonflement par l'eau et ne gêne donc nullement les opérations phototypiques, d'autant plus que, comme nous l'avons vu précédemment, la préparation gagnerait plutôt ainsi en sensibilité, et que, comme l'ont fait remarquer EDWARDS, AENEY et maints autres, on évite en même temps de donner aux planches un relief trop accusé. WATERHOUSE a cependant signalé que l'excès d'alun de chrome pourrait, en certains cas, provoquer le décollement de la couche. Notons enfin que les régions d'une planche phototypique badigeonnées avec une solution concentrée d'alun de chrome devenant susceptibles de prendre l'encre, on dispose ainsi d'un moyen de retouche. A côté de ces quelques avantages de l'alun de chrome, ce produit présente divers inconvénients qui en font exclure l'emploi de presque tous les ateliers : en particulier, il donne fréquemment des images grises et voilées. D'ailleurs un choix judicieux des qualités de gélatine à utiliser permet d'obtenir, sans alun, des



résultats au moins aussi parfaits que ceux obtenus sur gélatines communes même alunées.

Les mêmes inconvénients que ceux dus à l'addition d'alun de chrome se présentent lorsque l'on sensibilise les papiers au charbon sur un bain vieux de bichromate ; un tel bain, brun par l'usage, du fait de sa réduction partielle par les matières organiques, tient en effet en suspension de l'oxyde de chrome dont l'effet sur la gélatine est le même que celui de l'alun de chrome dont il est le principe actif ; s'il est exagéré comme l'ont recommandé quelques auteurs, de rejeter le bain de bichromate après chaque emploi, on doit du moins le rejeter dès que sa couleur dorée a tendance à brunir.

La tanin a une action au moins aussi énergique que les aluns, mais, pour les mêmes raisons, on évitera son incorporation aux préparations sensibles ; on peut également retoucher sur planches phototypiques avec une solution de tanin.

On a à diverses reprises proposé d'accroître la résistance des planches phototypiques en incorporant à la solution de gélatine une solution alcoolique de résine ; on permet ainsi aux planches de supporter un plus fort tirage ; cette pratique est, depuis longtemps déjà, tombée en désuétude. Une addition de chlorure de calcium à la gélatine l'empêche de se sécher complètement et de se soulever ; HERNIX avait à un moment donné conseillé l'addition de ce sel aux préparations phototypiques, mais il est revenu depuis sur cette indication.

On a proposé également, sans d'ailleurs justifier beaucoup ces indications, l'emploi des acides gallique, pyrogallique, tartrique, etc. ; aucun de ces agents n'est utilisé.

L'alcool qui, lorsqu'il est employé en quantité suffisante, précipite la gélatine de ses solutions aqueuses peut être employé pratiquement au durcissement. Dans l'alcool concentré, la gélatine sèche ne se gonfle pas et la gélatine imprégnée d'eau se contracte ; dans de l'eau alcoolisée, la gélatine ne se gonfle que très peu et bien plus lentement que dans l'eau pure. Aussi recommande-t-on quelquefois pendant l'été l'addition d'alcool au bain de bichromate utilisé à la sensibilisation des papiers au charbon ou des papiers photolithographiques, de façon à éviter un gonflement trop considérable qui pourrait être suivi du coulage de la gélatine. Le papier ainsi sensibilisé en présence d'alcool se conserve mieux, car il sèche plus vite et retient moins l'humidité.

Si des planches phototypiques sont passées dans l'alcool avant lavages et mouillages, elles résisteront mieux à la pression des rouleaux et aux mouillages répétés.

Le voile ne serait à craindre par ces pratiques que si le bain sensibilisateur renfermait de l'acide chromique à l'état libre, or jamais les bichromates commerciaux ne renferment d'acide chromique, et souvent même on les transforme en chromates neutres par addition d'ammoniaque.

Dans le cas des planches phototypiques, l'addition d'alcool dans la préparation accélère le séchage, et, suivant HERNIX tendrait à accuser le grain.

Toutes les substances susceptibles d'insolubiliser la gélatine ordinaire ont la même action sur la gélatine bichromatée, mais beaucoup d'agents qui n'ont aucun effet sur la gélatine ordinaire peuvent insolubiliser la gélatine bichromatée ; tel est le cas, notamment, de toutes substances réduisant l'acide chromique à l'état

d'oxyde de chrome ; remarquons en effet que cette catégorie de corps n'insolubilisent pas par eux-mêmes la gélatine mais provoquent l'insolubilisation par l'oxyde de chrome auquel ils donnent naissance ; citons parmi ces agents d'insolubilisation les vapeurs sulfureuses, le gaz d'éclairage et d'une façon générale presque toutes les émanations volatiles.

Il est à remarquer que la gélatine bichromatée n'est pas, après exposition à la lumière, aussi indifférente à l'action de l'eau que l'on veut bien généralement l'admettre ; il est cependant d'autant plus important de se rendre compte bien exactement de l'effet de l'eau sur les couches insolées que c'est sur cette action que reposent tous les procédés photographiques utilisant la gélatine bichromatée.

De la gélatine bichromatée exposée à la lumière même pendant peu de temps, ne se gonfle plus à l'eau froide, mais se gonfle dans de l'eau tiède (environ 30° C) et se dissout vers 40° ou 50° ; avec une durée plus grande d'exposition à la lumière, la gélatine ne se gonflera que vers 50° et ne se dissoudra qu'à 100° ; pour des expositions très longues, la gélatine bichromatée ne se gonflera, et assez lentement, que dans l'eau bouillante, mais si on maintient la température de l'eau, on arrivera à dissoudre lentement, la gélatine ; même après exposition d'une journée entière à une belle lumière, on parviendrait encore à dissoudre la couche par séjour de plusieurs heures dans l'eau bouillante.

C'est ainsi que la gélatine insolubilisée qui constitue les images pigmentaires est encore suffisamment perméable à l'eau pour que l'on puisse soit teindre cette image, soit y provoquer la formation de précipités colorés par immersions successives dans des solutions de sels métalliques.

La variation progressive de la solubilité avec la durée d'exposition à la lumière explique les divergences des modes opératoires conseillés par divers praticiens ; on s'attachera cependant autant que possible à ne dépouiller les images pigmentaires qu'aux températures les moins élevées qu'il soit possible, de façon à conserver les détails les plus fins ; une image dépouillée vers 50-60° ne sera jamais aussi fine ni aussi complète qu'une autre dépouillée entre 30 et 40°.

Une image au charbon complètement dépouillée puis rincée abondamment cède aux acides étendus dans lesquels on la plonge (chlorhydrique, nitrique, sulfurique) de l'acide chromique qui colore en jaune le bain acide ; l'acide acétique agit comme les acides minéraux mais plus lentement ; l'oxyde de chrome n'est pas sensiblement attaqué, mais, sauf le cas de couches très épaisses, on peut ainsi éliminer la totalité de l'acide chromique et du bichromate en excès. Après séjour prolongé dans une solution acide, l'image se dissoudra plus facilement dans l'eau tiède qu'avant ce traitement. Si donc on traite par une solution acide chaude, on dissoudra non plus seulement l'acide chromique, mais aussi de la gélatine.

L'ammoniaque, surtout quand sa solution est légèrement tiédie, élimine très rapidement l'acide chromique retenu par la gélatine ; l'action est assez rapide pour que la gélatine n'ait pas le temps de se solubiliser. Plusieurs auteurs ont conseillé l'addition de minimes quantités d'ammoniaque à l'eau servant au dépouillement des images pigmentaires, et Despaquis a conseillé l'emploi du même produit, en solutions étendues, pour éclaircir les planches de phototypie ; on pourrait ainsi gagner en oppositions ; le carbonate d'ammoniaque agit comme l'ammoniaque

libre, bien que plus lentement, et est employé à ce titre par divers praticiens pour faciliter le dépouillement d'images surexposées.

Les carbonates alcalins (de soude et de potasse) dissolvent également bien l'excès d'acide chromique, mais ils ont une action bien plus rapide et bien plus énergique sur la gélatine; en solution, ne renfermant pas plus de 1 à 5 %<sub>00</sub>, le carbonate de soude agit cependant assez lentement pour que l'on puisse aisément contrôler son effet sur le dépouillement d'un papier au charbon surexposé (1).

La soude et la potasse caustiques éliminent bien encore l'acide chromique résiduel, mais attaquent trop rapidement la gélatine pour que l'on puisse recommander leur emploi dans le dépouillement des papiers mixtionnés; de là vient d'ailleurs l'emploi de lessives de soude ou de potasse pour débarrasser, après tirage, les dalles phototypiques de la couche de gélatine dont elles sont couvertes; on emploie quelquefois aussi en phototypie une solution de ces mêmes produits pour les retouches locales ou l'enlèvement d'un voile.

Le cyanure de potassium agit aussi plus rapidement que les carbonates; on peut considérer l'emploi de ces solutions comme un moyen d'affaiblissement radical, enlevant même souvent à l'image plus que l'on ne voudrait lui enlever. Une solution à 1 % suffit pour éliminer en quelques instants tout l'acide chromique résiduel; dès 20° ou 30°, cette solution agit comme dissolvant de l'image, et peut à 60° dissoudre des couches insolubilisées sur lesquelles a échoué le traitement par l'eau bouillante. Le cyanure s'emploie également en phototypie, particulièrement pour produire, en certaines régions de l'image, des blancs purs.

Par sa faible alcalinité, le borax a une action faible, bien inférieure à celle des carbonates.

Le chlorure de sodium (sel marin) qui, d'autre part, s'oppose à la prise en gelée des solutions gélatineuses, a, en solutions de moyenne concentration, un pouvoir dissolvant beaucoup plus marqué que l'eau pure sur la gélatine bichromatée; son action est cependant loin d'être comparable à celle des carbonates alcalins. Le chlorure de calcium agit de façon analogue.

Il est à remarquer que les substances à réaction alcaline ne peuvent pas être employées en solutions concentrées pour accélérer le dépouillement car l'image se réticule et acquiert un grain très accentué; on préférera donc en bien des cas l'emploi des acides, soit par exemple les acides chlorhydrique ou sulfurique à 1 % qui, comme nous l'avons vu plus haut, éliminent rapidement l'acide chromique et rendent plus rapide l'action de l'eau (2). Dans le même ordre d'idées, l'acide azotique a été quelquefois employé en solution à 15 % pour diminuer le relief des planches phototypiques et aider à la venue des demi-teintes les plus délicates. Les acides citrique et oxalique ont également été employés par Waterhouse et par

(1) Le bicarbonate de soude a été recommandé pour le même usage par divers auteurs: il est à remarquer que dans l'eau chaude ce sel se transforme immédiatement en carbonate avec dégagement de gaz carbonique: on obtient donc le même effet que par le carbonate ordinaire.

(2) On utilise aussi l'action de l'acide sulfurique pour débarrasser les émaux photographiques de toutes traces d'acide chromique ou de chromates qui modifieraient fâcheusement les nuances à la cuisson.

Husnik pour affaiblir les images sur planches phototypiques et papiers photolithographiques.

Waterhouse a publié jadis (*Photographie News*, 1873) une étude très complète des divers agents facilitant, ou au contraire s'opposant à la prise de l'encre sur les planches phototypiques : les bichromates, les aluns, les chlorures ferrique, mercurique et cuivrique facilitent la prise de l'encre aux points où ils sont appliqués; inversement les alcalis, les acides organiques, le borax éclaircissent la planche s'ils sont employés en solutions suffisamment étendues (ils dissoudraient la couche s'ils étaient employés en solutions plus concentrées); l'acétate et l'hypo-sulfite de soude, les chlorures de sodium, de calcium et de zinc maintiennent humides les planches sans qu'elles deviennent gluantes ou se putréfient; parmi les acides organiques, l'acide tartrique produit dans la couche un grain que ne donnerait aucun autre éclaircissant.

Les planches phototypiques plongées dans une solution à 6 % de chlorure de zinc gagnent en consistance et peuvent fournir un plus fort tirage en même temps qu'elles conservent la pureté de leurs blancs.

#### ACTION DES DIVERS CHROMATES SUR LA GÉLATINE

Nous n'avons considéré jusqu'ici que les propriétés de la gélatine sensibilisée au bichromate de potassium; mais ces propriétés ne varient qu'assez peu quand on substitue à ce bichromate tout autre bichromate alcalin.

Notons tout d'abord que les chromates des alcalis fixes (chromates neutres de potasse et de soude) ne confèrent à la gélatine et aux substances analogues aucune sensibilité à la lumière : la chaleur, l'humidité, l'abandon prolongé dans les conditions les plus variées, ne provoquent en aucun cas l'insolubilité constatée avec les bichromates; on évitera donc l'addition quelquefois recommandée de carbonates de soude ou de potasse aux solutions de bichromates destinées à la sensibilisation, puisque cette addition équivaut à la destruction du sel actif; l'addition ménagée de carbonate à un bain de bichromate équivaut simplement à l'emploi d'un bain plus dilué, soit donc à une simple addition d'eau. Seul, le chromate neutre d'ammoniaque fait exception grâce à son peu de stabilité qui permet son retour progressif à l'état de bichromate, et agit dès lors comme le bichromate lui-même. On verra cependant que l'emploi de ce sel, comme aussi la neutralisation des bichromates par l'ammoniaque, présente dans la pratique d'assez grands avantages au point de vue de la durée de conservation des mélanges sensibilisés.

L'expérience suivante est particulièrement démonstrative : si l'on prend une solution de bichromate de potasse dont on fasse deux parts, et que l'on neutralise l'une par la potasse caustique, l'autre par l'ammoniaque, jusqu'à transformation en chromates neutres, les papiers au charbon sensibilisés dans la première moitié seront complètement insensibles à la lumière, tandis que ceux du second lot seront à peu de chose près aussi sensibles que si l'on avait utilisé telle quelle la solution primitive de bichromate. Mais on peut se rendre compte qu'il est encore plus avantageux dans bien des cas d'utiliser le bichromate d'ammonium de préfé-



rence au bichromate de potassium. Nous avons vu précédemment que lorsqu'une substance organique sensibilisée au bichromate de potassium est exposée à la lumière (mars 1904, p. 43) le bichromate se dédouble en acide chromique actif et chromate neutre inerte ( $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}^2 = \text{CrO}_3 + \text{CrO}_4\text{K}^2$ ), la moitié du chrome dans le sel employé étant ainsi en quelque sorte perdue au point de vue photographique. La même décomposition se produit tout d'abord avec le bichromate d'ammonium, mais le chromate neutre d'ammonium ainsi formé perd progressivement la moitié de son ammoniacque, revenant ainsi à l'état de bichromate susceptible d'agir à nouveau sur la gélatine dans laquelle il est incorporé; de cette façon la totalité du chrome existant dans ce bichromate intervient utilement. Avec des doses équivalentes de ces deux bichromates et par exposition prolongée à la lumière, l'image sera plus complètement insolubilisée et plus vigoureuse dans le cas du bichromate d'ammonium. Bien qu'il n'y ait pas généralement à rechercher une grande précision dans le dosage des solutions de bichromates employées à la sensibilisation on doit cependant tenir compte de la différence des poids équivalents de ces deux bichromates; abstraction faite de tout calcul basé sur les poids moléculaires de ces sels, la pratique montre que 2 gr. de bichromate d'ammonium équivalent à 3 parties de bichromate de potassium; l'exposition à la lumière dans des conditions identiques et pendant le même temps donne alors des images de même vigueur, insolubilisées au même degré; il n'y a qu'au cas où l'on prolongerait démesurément l'exposition à la lumière que le bichromate d'ammonium, faisant entrer en jeu la seconde moitié de son chrome actif, aurait à être employé en moindre proportion (théoriquement, 2 parties de ce sel équivaldraient alors à 5 parties de bichromate de potassium, mais ces proportions ne correspondraient qu'à une décomposition *totale*, facile à obtenir).

Il ne s'ensuit pas que le bichromate d'ammoniacque doive remplacer complètement dans la pratique le bichromate de potassium; la faible différence des résultats fournis par ces deux sels ne correspondrait pas toujours en effet à la différence de leurs prix, et de plus l'emploi du bichromate d'ammonium est impossible dans les préparations nécessitant une cuisson, comme par exemple la phototypie; l'ébullition d'une solution de gélatine additionnée de bichromate d'ammonium, ou la chauffe du mélange à sec vers 60° suffisent à produire en quelques minutes l'insolubilisation complète. Si la décomposition du bichromate d'ammoniacque est beaucoup plus lente à froid, la conservation des mélanges bichromatés n'est pas plus grande que dans le cas des autres bichromates, comme l'ont à tort affirmé DESPAQUIS, GEYMER et BOIVIN; quant aux différences de sensibilité constatées par certains auteurs entre ces deux sels, elles tiennent à ce que, les ayant comparés à poids égaux, ils employaient, en fait, une quantité de bichromate supérieure de moitié, et constataient ainsi le même accroissement de sensibilité que s'ils avaient employé une solution moitié plus concentrée de bichromate de potassium; en fait, si deux préparations identiques sont sensibilisées avec des poids égaux des deux bichromates, celle sensibilisée au sel ammoniacal sera de une fois et demie à deux fois plus sensible que l'autre, et non trois fois comme l'a prétendu HUSNIK. Le seul emploi, qui se montre particulièrement avantageux, du bichromate d'ammonium est le cas où l'on veut ajouter une assez forte proportion d'alcool au bain



sensibilisateur, car ce sel est beaucoup plus soluble que celui de potassium dans les mélanges d'alcool et d'eau, et l'on peut ainsi ajouter au bain plus d'alcool sans provoquer la précipitation d'une partie du bichromate.

Mais on peut utiliser pratiquement sous une forme indirecte très avantageuse la sensibilité du bichromate d'ammoniaque. Nous avons vu que la gélatine additionnée de chromates neutres pouvait être conservée indéfiniment sans qu'apparaisse l'insolubilisation spontanée que l'on observe au bout de quelques jours avec les bichromates; si les chromates neutres de potasse et de soude sont complètement insensibles à la lumière, nous savons qu'au contraire le chromate d'ammonium est à peu près aussi sensible que le bichromate, ce qui ne l'empêche pas de fournir des mélanges aussi stables dans l'obscurité que ceux que donneraient les autres chromates neutres; c'est pour cette raison que LIESEGANG recommanda jadis de soumettre à des fumigations ammoniacales les préparations bichromatées pour accroître leur durée de conservation, mais il est évidemment plus simple, soit d'utiliser directement le chromate neutre d'ammonium, soit de transformer dans le bain sensibilisateur le bichromate en chromate neutre par addition d'ammoniaque jusqu'à ce que la nuance jaune orangé soit passée au jaune pur. Mais mieux vaut encore partir du bichromate de potassium et additionner sa solution de la quantité voulue d'ammoniaque pour assurer sa transformation en chromate neutre double de potassium et d'ammonium, dont KOPP fut le premier à recommander l'emploi. Ce sel pourrait se préparer à l'état de sel défini bien cristallisé; ses cristaux jaune pâle, lorsqu'on les abandonne à l'air, virent progressivement à l'orangé rouge, dégageant de l'ammoniaque et revenant à l'état de bichromate de potassium. Pour l'usage photographique, il est d'ailleurs absolument inutile d'isoler ce sel double; il suffit, comme ci-dessus, d'ajouter de l'ammoniaque, goutte par goutte, à la solution de bichromate de potassium jusqu'à virage à la nuance jaune clair et d'utiliser ce mélange à la sensibilisation; le mélange de ce double sel avec la gélatine est d'une nuance bien plus claire que la gélatine bichromatée et comme les parties insolées ont une nuance aussi foncée qu'à l'habitude, l'image est beaucoup plus apparente, donc plus facile à surveiller; l'observation superficielle de ce fait a conduit divers praticiens à conclure que l'addition d'ammoniaque aux bichromates faisait gagner en sensibilité.

Mes expériences à ce sujet confirment les assertions de LIESEGANG, CAREY-LEA, de WILSON et de maints autres, constatant qu'il n'y a en fait aucune différence de sensibilité avant ou après addition de l'ammoniaque, mais que les préparations gagnent considérablement en sensibilité.

Dans tous les procédés où la mixtion bichromatée est utilisée en couches minces et où l'on dépouille à l'eau chaude, on ne peut malheureusement pas employer ce chromate double, car, en cours de dépouillement, l'eau ammoniacale tiède attaquerait trop énergiquement la gélatine, produisant des granulations ou un réticulage, mais on peut cependant encore ajouter à la solution de bichromate une quantité nettement inférieure à celle correspondant à la neutralisation, soit par exemple faire deux parts, en neutraliser une à l'ammoniaque et mélanger à l'autre. Comme l'ont fait remarquer, au sujet des papiers mixtionnés, MONCKOVEN, BOVIN, LIÉBERT, on accroît ainsi la durée de conservation, sans être alors gêné

par la réaction alcaline. Les mêmes résultats s'obtiennent par addition de carbonate d'ammoniaque au bain de bichromate.

Le chromate double de magnésium et d'ammonium, préconisé par GRAILICH, est d'une préparation difficile, sans présenter cependant aucun avantage sur le chromate double de potassium et d'ammonium précédemment étudié ; le chromate de magnésium et de potassium, indiqué par AXTHOF, est complètement insensible à la lumière, enfin les chromates de sodium, presque impossibles à obtenir à l'état pur et d'une très mauvaise conservation, ne présentent aucun intérêt pratique.

Les solutions de bichromates renfermant un excès d'acide chromique libre, ou additionnées d'un acide énergique, tel que les acides sulfurique ou chlorhydrique, ce qui revient précisément à mettre en liberté un peu de l'acide chromique du bichromate, peuvent sensibiliser la gélatine et les substances analogues, mais les images obtenues sont dures, sans modelé, et si même on emploie une solution pure d'acide chromique, on n'obtient plus une seule demi-teinte, mais seulement du noir et du blanc ; d'autre part, la gélatine sensibilisée en bain acide devient spontanément insoluble en peu de temps, surtout si la température s'élève légèrement ; la moindre trace d'un de ces acides dans le bain sensibilisateur suffit à compromettre gravement les facultés de conservation du mélange sensible ; la proposition faite notamment par CAREY-LEA d'acidifier par addition d'acides minéraux énergiques les solutions sensibilisatrices à bases de bichromates est donc absolument impraticable.

L'acide acétique, ajouté aux solutions de bichromates, se comporte de façon toute différente, car il ne libère pas l'acide chromique du bichromate et peut seulement transformer le chromate neutre en bichromate ; dans ces conditions, au fur et à mesure de la décomposition du bichromate par la lumière en chromate neutre, oxyde de chrome et oxygène, il réagit sur le chromate neutre ainsi formé et reconstitue du bichromate sur lequel la lumière peut agir à nouveau, permettant ainsi l'utilisation totale du chrome, sans risque d'insolubilisation spontanée, la conservation étant suffisante en bien des cas, quoique le mélange soit moins stable que celui sensibilisé dans le chromate double de potassium et d'ammonium, que nous préférons d'ailleurs ; les avantages que l'on peut faire valoir en faveur de l'emploi de la solution sensibilisatrice acidulée à l'acide acétique sont que, d'une part, la gélatine non décomposée se dissout plus facilement dans l'eau chaude et que, d'autre part, l'acide acétique donne à la pellicule une structure granulée très finement, ainsi qu'une consistance particulière, recherchées notamment pour l'obtention de reliefs ; mais comme l'a constaté PORREVIN, il est impossible d'utiliser l'acide acétique pour la sensibilisation des papiers mixtionnés, la couche colorée, devenue très soluble, risquant alors de couler au séchage.

L'opinion a quelquefois été exprimée que l'emploi de chromates ou bichromates chimiquement purs était indispensable pour les opérations photographiques, eu égard aux impuretés ou aux falsifications possibles des chromates ordinaires du commerce qui, suivant ces auteurs, renfermeraient couramment des doses élevées de sulfate de potassium. En conséquence, je me suis procuré divers échantillons des qualités les moins coûteuses, et j'ai pu constater qu'à part deux échantillons, aucun ne renfermait de quantités mesurables de sulfate ; quant aux deux

échantillons renfermant du sulfate, les teneurs de ce sel étaient respectivement 0,3 % et 0,5 %, soit donc des doses absolument négligeables de ce sel, qui même à dose beaucoup plus élevée ne présenterait pratiquement aucun inconvénient, comme nous le verrons ci-après. Maints auteurs, parmi lesquels notamment LIESEGANG, insistant sur la nécessité de purifier le bichromate pour le débarrasser de toute trace de sulfate qui insolubiliserait la couche, je préparai une solution à 3 % de bichromate de potasse pur et une autre renfermant en sus de cette même dose de bichromate 0,5 % de sulfate de potassium. Je sensibilisai sur ces deux solutions deux fragments d'un même papier mixtionné, chaque morceau fut à son tour coupé en trois bandes, conservées respectivement sous un dessiccateur, à l'air libre et dans un récipient humide. Chaque jour, des parcelles de chacun de ces échantillons furent insolées simultanément sous un photomètre, et toujours les deux fragments, avec et sans sulfate, conservés dans les mêmes conditions, se comportèrent de la même façon : même sensibilité, même solubilité ; or la dose de sulfate correspondait là à l'emploi d'un bichromate renfermant 13 % de sulfate, soit une proportion infiniment supérieure à celle que l'on peut rencontrer dans un bichromate du commerce. On peut donc affirmer que l'emploi des bichromates commerciaux courants est très suffisant pour les usages photographiques, d'autant plus que je n'y ai jamais rencontré d'acide chromique libre ni d'alun de chrome, comme le craignait OTT en recommandant de soumettre le produit à plusieurs cristallisations ; à supposer même que, par suite d'un hasard, le bichromate vienne à renfermer une trace d'acide chromique libre, l'addition recommandée d'ammoniaque l'amènerait, en le neutralisant, à l'état désiré.

## RÉACTIONS PRODUITES PAR LA LUMIÈRE SUR LA GÉLATINE CHROMATÉE

La modification de la gélatine bichromatée sous l'influence de la lumière semble à première vue être due à une réduction de l'acide chromique, entraînant une oxydation de la gélatine ; le fait que dans tous les procédés photographiques aux bichromates, la formation de l'image est accompagnée d'un brunissement qui, jusqu'à un certain point, permet d'apprécier sa progression, et que la prolongation de l'action de la lumière fait par la suite virer au vert les régions brunies, conduit à admettre la formation intermédiaire de chromate de chrome ( $3\text{CrO}^2 = \text{CrO}^3 + \text{Cr}^2\text{O}^3$ ), puis d'oxyde de chrome. Les expériences de SWAN ont montré que l'oxyde de chrome insolubilise la gélatine, il suffit pour cela de mélanger à la gélatine une solution de bichromate réduit par l'acide citrique ou d'un sel de chrome précipité par l'ammoniaque ; aussi admet-on généralement aujourd'hui que l'insolubilisation par la lumière est due, non pas à l'oxydation de la gélatine, mais à une réaction secondaire de l'oxyde de chrome formé.

Les points à élucider sont les suivants :

Le bichromate de potassium mélangé à la gélatine est-il réellement réduit à l'état d'oxyde de chrome ? L'oxyde de chrome ainsi formé se combine-t-il à la gélatine sans oxydation préalable de celle-ci, ou l'image insoluble est-elle formée de gélatine oxydée, seule ou combinée à l'oxyde de chrome ?

J'exposai à la lumière un mélange sec de gélatine et de bichromate de potasse jusqu'à coloration brun foncé, et lavai ensuite à plusieurs reprises par séjour à l'eau bouillante, fréquemment renouvelée, jusqu'à ce que l'eau de lavage cesse de se colorer en jaune; je desséchai ensuite dans l'étuve à  $100^{\circ}$  jusqu'à ce que la gélatine se maintint à poids constant, je réduisis à l'état de cendres, et après pesée, je dosai l'oxyde de chrome dans les cendres; une autre portion avait été mise à digérer, après lavages, dans de l'ammoniaque chaude jusqu'à ce que de l'acide chromique cessât de s'y dissoudre, et je dosai après évaporation l'acide chromique ainsi enlevé au mélange. Le tableau ci-dessous donne les résultats moyens de trois séries d'analyses sur diverses sortes de gélatine, les durées d'exposition en pleine lumière ayant été pour chaque série d'expériences, 3 semaines, 2 semaines et 5 jours :

Acide chromique . . . . .	7,05	5,93	4,84
Oxyde de chrome . . . . .	15,68	12,47	3,36
Cendres. . . . .	2,09	4,81	2,26
Gélatine . . . . .	75,20	79,79	92,54

On voit ainsi que la gélatine insolubilisée renferme toujours en même temps de l'oxyde de chrome et de l'acide chromique, évidemment combinés à l'état de chromate de chrome; si l'on ne constate pas une proportion constante entre l'acide chromique et l'oxyde de chrome, ce fait est dû à la très grande instabilité du chromate de chrome. Pour me rendre compte des causes qui provoquent l'insolubilisation spontanée de la gélatine bichromatée longtemps conservée, ou son insolubilisation par élèvement de la température, je fis des expériences analogues en conservant pendant 3 semaines le mélange humide à l'obscurité, ou en le chauffant à sec pendant quelques heures à  $120^{\circ}$ ; dans l'un et l'autre cas, on trouva dans le produit insolubilisé de l'acide chromique et de l'oxyde de chrome.

On peut être surpris de la présence dans la gélatine insolubilisée d'acide chromique libre, puisque ce produit n'a été introduit qu'à l'état de bichromate de potassium; il faut pour cela que l'oxyde de chrome enlève, au fur et à mesure de sa formation, une certaine quantité de l'acide chromique au bichromate non encore décomposé; je contrôlai cette hypothèse en mettant en présence, à la température ordinaire, de l'hydrate de chrome récemment précipité et du bichromate de potassium en solution; après quelques instants de séjour, je recueillis le précipité sur un filtre, et le lavai jusqu'à ce que l'eau s'écoulât incolore; ce précipité, vert avant son traitement par le bichromate, était devenu brun et ne renfermait pas de potasse; son analyse après dessiccation donnait, en poids, environ  $1/3$  d'acide chromique et  $2/3$  d'oxyde de chrome, accusant ainsi la transformation, sinon complète, du moins déjà très avancée, de l'oxyde de chrome en chromate de chrome  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , le bichromate étant décomposé et abandonné à l'état de chromate neutre. Ainsi peut s'expliquer la présence de chromate de chrome dans la gélatine bichromatée, après insolubilisation par la lumière.

Pour déterminer la constitution de la gélatine insolubilisée par la lumière en présence de bichromates, j'exposai pendant 15 jours, en pleine lumière, des feuilles



de gélatine bichromatée, préalablement séchées à l'obscurité ; au bout de ce temps, on lava aussi parfaitement que possible à l'eau froide, puis on maintint le mélange pendant 8 heures dans de l'eau bouillante fréquemment renouvelée, et on le mit enfin à digérer au bain-marie avec de l'ammoniaque, jusqu'à extraction totale de l'acide chromique ; la masse résiduelle, notablement réduite par ces diverses opérations, était d'un vert pur, par suite de la présence de l'oxyde de chrome ; le traitement par les acides, en vue d'éliminer à son tour cet oxyde de chrome, dissolvait en même temps la gélatine ; on dut donc soumettre ce produit tel quel à l'analyse, après longue dessiccation à 120°. On trouva ainsi :

Oxyde de chrome. . . . .	22,68 %
Matière organique . . . . .	74,40
Matières minérales diverses (cendres) . . .	2,84

La substance organique, ramenée à 100, présentait précisément la même composition que la gélatine, suivant les analyses de MUDLER :

	Résultats expérimentaux	Composition de la gélatine
Carbone. . . . .	50,37 %	50,60 %
Hydrogène. . . . .	6,78	6,41
Azote. . . . .	17,59	17,95

La substance insoluble constituant l'image est donc, déduction faite de l'oxyde de chrome, de la gélatine *non modifiée*, dont l'insolubilisation n'est due qu'à sa combinaison avec les composés oxygénés du chrome ; si donc de la matière organique s'est oxydée aux dépens du bichromate, on ne peut la retrouver dans la portion insoluble formant l'image.

En étudiant l'action de la lumière sur le mélange de bichromate et de sucre, je fus amené à conclure que le sucre est, bien qu'en minime proportion, et très lentement, oxydé par l'action de la lumière donnant ainsi les mêmes produits d'oxydation que sous l'action de l'acide chromique à chaud ; on peut donc supposer qu'un phénomène comparable doit se produire avec la gélatine. Or, les produits de la réaction de l'acide chromique sur la gélatine sont depuis longtemps connus (1) ; on obtient dans ces conditions, divers produits très volatils, qui passent à la distillation, parmi lesquels les acides formique, acétique, valériannique, benzoïque et cyanhydrique. Je recherchai ces produits dans la gélatine bichromatée insolubilisée par plusieurs semaines d'exposition à la lumière, en la traitant directement par une lessive de potasse, précipitant les chromates dans la liqueur filtrée par addition d'eau de baryte, filtrant à nouveau et distillant avec de l'acide sulfurique. On obtient ainsi un liquide à réaction nettement acide, présentant l'odeur de l'acide formique ; saturant par du carbonate de plomb et concentrant la liqueur filtrée, j'obtins quelques aiguilles ayant l'aspect du formate de plomb et susceptibles

(1) GMELIN, *Handbuch der Chemie*, 4<sup>e</sup> édition, t. VII, 3<sup>e</sup> partie, p. 2,297.



comme lui de réduire le nitrate d'argent, mais trop peu abondantes pour pouvoir être analysées.

Dans ces conditions, il semble bien que l'on soit en droit d'admettre l'analogie entre le cas de la gélatine et celui du sucre, et à conclure que l'oxydation de la gélatine par le bichromate sous l'influence de la lumière, donne, en très minime quantité d'ailleurs, les mêmes produits obtenus dans l'attaque de la gélatine par l'acide chromique, sous l'influence de la chaleur ; il doit cependant être bien entendu que ces produits d'oxydation sont éliminés par les lavages et ne jouent ainsi aucun rôle dans la formation de l'image insoluble, exclusivement constituée de gélatine et d'oxyde de chrome.

### MÉTHODES D'ESSAI DE LA GÉLATINE

Les diverses variétés commerciales de gélatines sont loin de convenir au même degré pour les procédés photographiques aux bichromates ; si les premiers expérimentateurs, et notamment TALBOT, commencèrent leurs essais avec la colle forte ordinaire d'ébéniste, ils reconnurent assez rapidement la nécessité de recourir aux variétés les plus pures de gélatine, par suite de la solubilité incomplète, de la rapide décomposition et du manque de fermeté des gelées préparées au moyen de colles communes. Pratiquement, on n'utilise actuellement que des gélatines pures, spécialement préparées pour usages photographiques au moyen des tendons et cartilages, à l'exclusion des colles d'os et des colles de peaux. Nous indiquerons ici un certain nombre d'essais, permettant de préjuger des qualités d'une gélatine au point de vue de ses diverses applications ; nos conclusions sont basées sur un très grand nombre d'expériences dans lesquelles nous avons étudié des gélatines et colles des provenances les plus diverses.

**Teneur en cendres.** — Nous ne mentionnons cet essai que pour mémoire, car il ne peut être effectué dans un atelier de photographie industrielle, mais seulement dans un laboratoire d'analyses. Les cendres sont déterminées par combustion à l'air libre de la gélatine sèche, humectant ensuite de carbonate d'ammoniaque pour ramener la chaux à son état primitif de carbonate de chaux, lavant, séchant et pesant. Seules les variétés de gélatines les plus communes fournissent un poids notable de cendres ; la teneur en cendre des gélatines photographiques courantes (Cognet, Creutz, Drescher), n'atteint que 2 % ; il atteint cependant 2,5 % sur certains échantillons de gélatine Melson, et certaines gélatines parfaitement utilisables, notamment pour la phototypie, en renferment jusqu'à 4 % ; les colles fortes communes titrent généralement de 3 à 6 % de cendres, mais beaucoup de variétés complètement inutilisables renferment moins de 2 % ; cet essai ne peut donc en aucune façon être considéré comme concluant.

**Pouvoir absorbant pour l'eau.** — L'échantillon à essayer est pesé avec soin et abandonné pendant exactement 24 heures dans de l'eau distillée à 15° C ; au bout de ce temps, la masse gonflée et ramollie est égouttée, soigneusement essuyée

avec du papier à filtres et pesée ; cette masse doit être sensiblement incolore et suffisamment consistante ; les gélatines qui pendant cette durée d'immersion dans l'eau se seraient désagrégées, sont complètement inutilisables ; à plus forte raison si, pendant ce même temps, elles avaient commencé à se décomposer.

Si l'on ne peut dire que toutes les gélatines ayant un faible pouvoir absorbant pour l'eau soient mauvaises, on peut du moins affirmer que toutes celles ayant un pouvoir absorbant considérable sont bonnes ; si quelques bonnes gélatines pour phototypie n'absorbent guère que 5 à 6 fois leur poids d'eau dans ces conditions, le plus grand nombre des bonnes gélatines absorbe 7 fois son poids. MONCKHOVEN exagérerait beaucoup ses exigences en demandant à une gélatine d'absorber de 12 à 18 fois son poids d'eau, car jamais je n'ai pu trouver un seul échantillon de gélatine absorbant plus de 10 fois son poids d'eau.

**Résistance à la pression.** — L'essai de beaucoup le plus important est la détermination de la résistance à la pression, car les indications de cet essai sont toujours conformes à celles de la pratique, tout particulièrement en ce qui concerne la phototypie. Le mode opératoire suivant, dû à LIPOVITZ (1), donne très simplement des modifications extrêmement précieuses. On dissout 5 grammes de la gélatine en essai dans 45 cc. d'eau, et, après fusion, on verse dans une éprouvette cylindrique, toujours de même diamètre, on laisse prendre en gelée pendant 12 heures ; une gélatine qui, dans ces conditions, ne pourrait faire prise, serait à rejeter *a priori*. Sur l'éprouvette, s'ajuste un bouchon perforé dont l'ouverture laisse passage à une tige métallique terminée à sa partie inférieure par une petite capsule hémisphérique, de 1 cm. 5 de diamètre, présentant sa convexité vers le bas et qui viendra reposer sur la couche de gélatine ; la tige porte à sa partie supérieure un petit plateau de balance pouvant recevoir jusqu'à 1.500 gr. de grenaille de plomb ; l'appareil (tige, capsule et plateau) est taré une fois pour toutes et ce poids doit chaque fois être ajouté à celui de la grenaille versée dans le plateau au moment de la rupture.

Pour l'essai, on fait reposer la capsule inférieure sur la gelée et on charge progressivement le plateau jusqu'à ce que l'appareil pénètre dans la gelée ; les gélatines de bonne qualité supportent ainsi sans se rompre des charges considérables et reviennent à leur forme primitive dès que la charge est enlevée ; ce sont précisément là les qualités demandées à une bonne gélatine phototypique ; une bonne gélatine photographique doit dans ces conditions porter au moins 600 gr., et une gélatine phototypique au moins 700 gr. La gélatine, au moment de son utilisation, étant insolubilisée et durcie par l'oxyde de chrome qu'y a formé l'action de la lumière, il peut être intéressant de renouveler cet essai, en dissolvant les 5 gr. de gélatine dans 35 cc. d'eau seulement, puis ajoutant après fusion 2 gr. 5 d'alun de chrome dissous dans 100 cc. d'eau et alcalinisés par quelques gouttes d'ammoniaque jusqu'à trouble persistant.

**Température de fusion.** — On prépare une solution à 10 % de la gélatine

(1) WAGNER, Jahresbericht, 1861, p. 652.

en essai et, après fusion, on laisse prendre complètement en gelée ; on porte alors au bain-marie, et l'on note la température de liquéfaction ; il n'y a que très peu d'écarts entre les points de fusion ainsi déterminés des gélatines photographiques de bonne qualité qui fondent entre  $34^{\circ}$  et  $36^{\circ}$  ; toute gélatine fondant à moins de  $30^{\circ}$  doit être rejetée. Notons en passant que la gélatine, une fois complètement imprégnée d'eau par immersion de quelques heures, doit se dissoudre complètement et rapidement quand on la chauffe, et que la gelée obtenue doit être limpide, incolore ou à peine jaunâtre.

**Recherche de l'alun.** — Divers auteurs ont, à maintes reprises, appelé l'attention sur la nécessité d'éliminer l'alun des gélatines, préalablement à toute utilisation photographique. Parmi les procédés indiqués pour reconnaître la présence de l'alun dans une gélatine, signalons notamment l'analyse d'une eau où aurait longuement séjourné l'échantillon, qui pourrait d'autre part être débarrassé de ce sel par lavages prolongés ; ces deux assertions sont également inexactes, une gélatine renfermant jusqu'à 10 % d'alun peut, après avoir été séchée, être traitée même par l'eau bouillante sans rien lui céder ; d'autre part, c'est perdre son temps que de rechercher la présence de sulfates dans la gélatine, car elle en renferme *toujours* à l'état de sulfate de chaux. On s'exagère d'ailleurs la fréquence de l'alun dans la gélatine ; pour que ce sel produise un effet appréciable, il devrait être introduit à la dose de 10 % de gélatine sèche, et augmenterait alors de 4 à 5 % le poids de cendres ; à dose moindre, son effet serait absolument nul et les manufacturiers n'auraient donc aucune raison de l'y introduire. Au cas où cependant on voudrait se mettre en garde contre la présence éventuelle d'alun, on devrait clarifier la gélatine par l'albumine, à température d'ébullition, après avoir précipité l'alun par addition d'ammoniaque ; la filtration retiendrait alors et l'albumine précipitée et l'albumine coagulée.

#### RÉACTIONS DES CHROMATES SUR L'ALBUMINE

Une solution aqueuse d'albumine est coagulée par l'acide chromique, mais n'est pas affectée par le bichromate de potassium, ni par l'alun de chrome ; si, cependant ce dernier mélange est séché à l'air, puis redissous, il laisse un faible résidu.

L'albumine bichromatée est, après dessiccation, très sensible à la lumière ; exposée à la lumière, elle brunit et devient insoluble dans l'eau ; si à ce moment, la surface ainsi traitée est encrée d'une mince couche d'encre grasse, puis lavée à l'eau, l'albumine se dissolvant aux points où elle n'a pas été atteinte par la lumière, entraînera l'encre et laissera le fond à nu.

On peut employer soit le blanc d'œuf frais, soit l'albumine sèche du commerce, tenant compte de ce qu'un blanc d'œuf (25 à 30 cc.) fournit 3 à 4 gr. d'albumine sèche, soit environ 12 %. Il serait plutôt à recommander d'employer le blanc d'œuf frais, battu en neige et clarifié, mais diverses raisons d'économie et de commodité conduisent plutôt le praticien à l'emploi de l'albumine sèche.

L'albumine sèche du commerce est malheureusement assez souvent fraudée,

certaines échantillons ne renfermant guère que moitié de leur poids de substances solubles ; notons cependant que parmi les substances étrangères, la gomme et la dextrine ne gênent nullement pour la photographie aux sels de chrome et que l'albumine de sang, souvent substituée à l'albumine d'œuf, donne des résultats absolument équivalents, en ce qui concerne du moins les procédés aux sels de chrome.

Poitevin signala l'application de cette propriété de l'albumine en photolithographie, pour l'exécution photographique d'épreuves à report sur papier albuminé.

De même que la gélatine, l'albumine bichromatée devient progressivement insoluble, même lorsqu'elle est conservée dans l'obscurité complète ; cependant les pellicules sèches d'albumine bichromatée semblent se conserver plus longtemps que celles de gélatine.

L'albumine aqueuse, sensibilisée par le chromate double de potassium et d'ammonium (bichromate de potasse additionné d'ammoniaque jusqu'à nuance jaune pur), peut se conserver plusieurs semaines à l'obscurité si l'on empêche sa putréfaction par une trace de phénol ou de tout autre antiseptique.

L'action de la lumière sur l'albumine bichromatée est certainement différente de l'action sur la gélatine bichromatée, car l'oxyde de chrome n'insolubilisant pas l'albumine, on doit admettre qu'en ce cas l'image est due à la formation de produits d'oxydation de l'albumine, combinés ou non à l'oxyde de chrome ; la constitution chimique si complexe de l'albumine ne permet pas de vérifier cette hypothèse.

#### RÉACTIONS DES CHROMATES SUR LE SUCRE

L'acide chromique, même à l'obscurité, oxyde rapidement le sucre, qui brunit ; les bichromates ne modifient pas le sirop de sucre à l'obscurité, le mélange pouvant être conservé plusieurs semaines sans se décomposer, et ne brunissant que très lentement à l'obscurité ; quand le mélange a été séché au préalable, le brunissement est plus rapide, sans cependant jamais atteindre la vitesse de transformation de la gélatine ou de l'albumine bichromatées ; il est d'ailleurs à remarquer que le sucre n'est pas insolubilisé, mais perd seulement ses propriétés hygroscopiques ; ce phénomène est plus frappant avec le sucre de raisin, qui précisément est plus hygroscopique que le sucre de canne à l'état normal ; on doit aussi bien remarquer que les régions isolées n'ont pas complètement perdu leurs propriétés hygroscopiques, mais que ces propriétés sont seulement atténuées. On constate avec le mélange de sucre et de chromate neutre de potassium, la même insensibilité absolue que dans le cas de la gélatine, et avec le chromate double de potassium et d'ammonium, on constate une grande stabilité à l'obscurité, et la même sensibilité à la lumière qu'avec le bichromate.

L'addition de sucre à la gélatine ou à la gomme a été souvent conseillée pour divers procédés photographiques aux sels de chrome : cette addition augmente la souplesse et la solubilité de la couche (1), mais cette action est purement

(1) On sait que c'est à l'incorporation de sucre que la « colle à bouche » doit sa grande solubilité.



mécanique et n'est nullement fondée sur la sensibilité du sucre bichromaté, qui n'apparaîtrait qu'avec des temps de pose très supérieurs à ceux nécessités pour l'insolubilisation de la gélatine ou de la gomme; noter que de toute façon cette addition est à déconseiller formellement dans les préparations phototypiques, car on rend ainsi beaucoup plus fragile la couche qui risque même de s'écailler. L'introduction de sucre est également à déconseiller dans les papiers pigmentés devant être sensibilisés au trempé, car le sucre se dissout alors dans le bain sensibilisateur. L'emploi de cet agent ne reste donc avantageux que pour l'obtention de reliefs, lorsque la préparation est mélangée au bichromate avant son étendage.

Pour reconnaître les réactions chimiques dues à l'insolation du sucre bichromaté, je mélangeai deux solutions saturées de sucre et de bichromate de potassium, je laissai évaporer le mélange à l'air libre jusqu'à dessiccation, puis j'exposai pendant un mois à la lumière la plus vive possible. L'analyse du mélange ainsi obtenu révéla la présence d'acide formique, soit le même produit d'oxydation que fournit le traitement du sucre par le mélange chaud de bichromate de potassium et d'acide sulfurique; il n'y a pas dans ce mélange trace d'acide saccharique dont certains auteurs avaient considéré la formation comme probable. Il se forme probablement en même temps un peu de formiate de chrome produisant en même temps que l'oxyde de chrome des effets secondaires analogues à ceux constatés pour la gélatine bichromatée.

#### RÉACTIONS DES CHROMATES SUR LA GOMME ARABIQUE, LA DEXTRINE, ETC.

Le mode d'action des bichromates sur la gomme arabique se rapproche davantage des réactions constatées sur la gélatine que de celles décrites ci-dessus dans le cas du sucre.

La gomme arabique n'est pas précipitée de ses solutions aqueuses par l'alun de chrome qui a seulement tendance à l'épaissir; si cependant on évapore le mélange au bain-marie, le résidu n'est plus soluble à l'eau; l'eau bouillante même enlève à la longue un peu de sel de chrome mais ne dissout plus la gomme; le mélange abandonné à l'évaporation spontanée jusqu'à siccité complète est également insoluble. Ce fait est à rapprocher dans une certaine mesure d'une propriété déjà connue de l'acide gummique (que l'on peut isoler en ajoutant à une solution de gomme de l'acide chlorhydrique puis de l'alcool); récemment précipité et encore humide, il se redissout aisément dans l'eau tandis qu'après dessiccation il y est incomplètement insoluble, s'étant, pendant le séchage, transformé en acide métagummique; on peut admettre comme probable la formation d'un métagummate de chrome qui résiste aussi bien aux acides qu'aux alcalis.

Le mélange de gomme et d'un bichromate est plus sensible à l'état sec qu'à l'état humide; le mélange, dans ses parties insolées, brunit et s'insolubilise progressivement; en solution, le mélange de gomme et de bichromate est complètement insoluble.

Un fait intéressant au point de vue pratique est que l'insolubilisation spontanée



de la gomme bichromatée ne se produit que beaucoup plus lentement que celle de la gélatine bichromatée ; la gomme bichromatée n'est que peu influencée par la chaleur : on peut sans risques la sécher vers 50°-60° C ; l'insolubilisation ne se manifesterait que vers 100°. Sauf ces quelques particularités, les diverses remarques faites précédemment sur le séchage de la gélatine bichromatée s'appliquent aussi à la gomme bichromatée.

On peut accroître dans des proportions considérables la durée de conservation des solutions de gomme bichromatée en les saturant d'ammoniaque et y ajoutant une trace d'acide phénique ; on ne diminue d'ailleurs en rien la sensibilité des préparations. DIXON en 1834 puis GYMET, ROUSSEAU et divers autres employèrent la gomme bichromatée pour la préparation des papiers à report photolithographique ainsi que pour la photolithographie directe ; elle est maintenant remplacée pour cet usage par la gélatine et par l'albumine ; s'il est plus facile de travailler directement sur pierre avec la gomme qu'avec l'albumine, la pierre préparée à l'albumine dure plus longtemps.

Une propriété particulièrement intéressante au point de vue photographique est la faculté que possède la gomme bichromatée de perdre, par exposition à la lumière, ses propriétés hygroscopiques et agglutinatives ; aussi l'emploie-t-on dans les procédés par saupoudrage, en lui mélangeant généralement des substances plus hygroscopiques encore, telles que le sucre, le miel, la mélasse.

La soude et la potasse caustiques, même en solutions étendues, dissolvent aisément, surtout à chaud, les images formées sur gomme bichromatée ; l'action des carbonates alcalins est beaucoup plus lente ; divers sels métalliques ont aussi un pouvoir dissolvant très marqué, tant sur la gomme non transformée, que sur celle insolubilisée par action de la lumière en présence de bichromate ; c'est le cas notamment pour le chlorure de calcium ; ces divers agents peuvent donc être ajoutés à l'eau de dépouillement en cas de surexposition ou en toute autre circonstance où l'image ne se dégage que difficilement. La gomme bichromatée présente, comme l'albumine et la gélatine bichromatée, sa sensibilité maximale lorsqu'elle renferme la dose de bichromate la plus considérable que l'on puisse y introduire sans provoquer une cristallisation au séchage ; on peut admettre qu'en moyenne la gomme bichromatée est de 5 à 10 fois plus lente à s'insolubiliser que la gélatine bichromatée, exposée à la lumière dans des conditions comparables.

L'addition de gomme arabique à la gélatine bichromatée rend plus difficile l'insolubilisation et tend ainsi à accroître assez notablement la durée de pose, sauf cependant dans le cas où l'on additionne ce mélange d'acide acétique ; la dissolution devient au contraire plus difficile, par suite probablement de la formation d'un composé peu soluble de glutine et d'acide gummique. Une étude analytique de produits obtenus en exposant pendant plusieurs semaines à la lumière une certaine quantité de gomme bichromatée permet de constater que l'image ne renferme aucun produit d'oxydation de la substance organique, mais seulement cette substance non modifiée associée seulement à l'oxyde de chrome.

On a quelquefois proposé de substituer la dextrine à la gomme arabique, et d'ailleurs certaines variétés communes de gomme sont fréquemment sophistiquées avec la dextrine : la dextrine bichromatée brunit sous l'influence de la lumière et

perd ses propriétés hygroscopiques, mais conserve sa solubilité dans l'eau froide à moins que l'exposition au soleil ne dure plusieurs semaines. Si donc la dextrine est utilisable dans les procédés par saupoudrage, son emploi est forcément limité à ce cas, et ne présente aucun avantage sur celui de la gomme.

La gomme adragante mélangée au bichromate est sensible aussi à la lumière ; mais la quasi impossibilité de dissoudre ce produit s'oppose à son utilisation pratique.

La glycérine additionnée de bichromate brunit à la lumière et perd un peu de son pouvoir adhésif, mais seulement après une exposition très prolongée ; la glycérine quelquefois ajoutée aux préparations bichromatées joue donc un rôle purement mécanique, car pendant la durée normale de formation d'une image sur gélatine ou sur gomme bichromatée, la faible sensibilité de la glycérine ne peut nullement intervenir. L'utilité de cette addition, tant dans les papiers mixtionnés que dans les planches pour phototypie est d'ailleurs très contestable : les résultats sont comparables à ceux donnés par le sucre, mais son emploi est bien moins commode, eu égard à la difficulté de séchage des préparations renfermant cet agent.

D<sup>r</sup> J. M. EDER

Traduit pour *Le Procédé* par L.-P. CLERC.

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

### *Du rôle de la diffusion dans les bains révélateurs.*

« Sous le nom d'*osmose interne*, j'ai eu l'honneur de signaler incidemment à l'Académie (1) les curieux enregistrements de courants qui se remarquent aux moindres brèches capillaires de toute cloison solide posée sur la gélatine d'une plaque voilée, et séparant le liquide en deux zones distinctes.

« Ces courants se manifestant tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, il était intéressant de rechercher la loi qui les régissait, loi qui s'est trouvée très simple : application directe des lois connues de la diffusion, mais trait d'union, par son mode d'être, entre celle-ci et l'osmose proprement dite.

« L'expérience suivante en fera ressortir immédiatement le principe :

« Que l'on pose sur la gélatine d'une plaque uniformément voilée les deux sections circulaires égales des deux calottes sphériques très inégales que donne la section, à grande distance du centre, d'une sphère creuse (2) ; ou bien les deux sections circulaires très inégales de deux zones égales d'une sphère de grand rayon (3). Cela équivaut, dans tous les cas, à découper, dans la masse du liquide révélateur, des volumes confinés inégaux, qui agiront en proportion différente sur chaque unité de surface de gélatine impressionnée ; et rien ne paraîtra moins étonnant que de trouver une différence de teinte correspondante entre chaque disque et le fond de la plaque. Mais, en même temps, l'on constatera que la trace noire du courant osmotique, s'il y a eu communication capillaire, est toujours dirigée de la place sombre vers la plus claire, du lieu de moindre consommation ou de plus grande abondance proportionnelle de révélateur vers l'autre (4) ; ce qui fait penser immédiatement à ce qui se passerait entre deux gazomètres communicants à l'intérieur de l'un desquels une cause absorbante quelconque produirait une diminution de tension partielle de l'un des éléments du mélange gazeux.

« Mais l'analogie ne saurait aller au delà, et la viscosité caractéristique de l'état liquide se manifeste par la stricte localisation de ces courants et leur limitation, tout autour, par un front d'onde plus clair. Faut-il attribuer cette bande marginale à la propulsion mécanique, en avant, des produits secondaires de la révélation locale ? Ne faut-il pas plutôt (car on ne l'observe point dans les espaces confinés de très faible hauteur) la considérer

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 41, 3 janvier 1898.

(2) Pratiquement, un verre de montre et un petit globe de veilleuse rempliront l'office ; car il faut, en tout cas, pour la grande portion de sphère, une issue à l'air, pour obtenir une dénivelation du liquide.

(3) Pratiquement, suffisent deux bobèches lisses de cristal mince, dans un bain ne dépassant pas les orifices supérieurs ou les dépassant à peine, au cas où l'on préférerait les obturer supérieurement avec une seconde plaque voilée, mise à fleur du liquide, gélatine en bas, de manière à faire l'expérience en croix, en éliminant totalement le rôle de la pesanteur.

(4) Ce qui explique que le courant soit toujours dirigé *en dedans* lorsque l'on essaie d'appliquer aux monnaies mon procédé général de reproduction directe, dont il paraît que, avant moi, M. Darget avait observé quelques cas spéciaux, mais sans en soupçonner la cause physique, et moins encore la généralisation.

comme le lieu où les molécules arrivantes sont forcées, par la résistance des autres, de quitter la vitesse horizontale pour s'échapper en volutes et tourbillons vers le haut ?

« En tout cas, on ne saurait pas plus voir ici une simple action directe de la diffusion que dans les alternances stratifiées de bandes noires et blanches qu'on observe dans les figures dites d'*effluves*, et qu'a cru pouvoir expliquer de cette simple façon M. COLSON, au cours de ses successives vérifications de tous les faits nouveaux que j'ai signalés (1). Toute bande noire étant toujours comprise entre deux claires, et *vice-versa*, la raison de symétrie, à elle seule, exclut l'admissibilité d'une force de formule non sinusoïdale, tandis que la simple considération du mouvement hélicoïdal et tourbillonnaire des molécules permettrait de rattacher encore ce détail à la constatation que j'ai faite (2) des vraies causes, ni chimiques exclusivement, ni thermiques strictement, mais surtout mécaniques, des inégalités du noircissement de la plaque.

« Mieux paraît précisé le rôle de la diffusion, tel que je l'avais signalé, et moins il paraît utile de lui attribuer ce qui ne saurait être de son ressort, comme, par exemple, l'action d'une plaque impressionnée sur une autre simplement voilée, très voisine ; action qui, pouvant être produite aussi bien avec un vieux cliché sec quelconque, inerte chimiquement, se rattache simplement à la loi que j'ai formulée de la reproduction de tous les faibles reliefs plans appliqués sur gélatine, par simple proportionnalité localisée de l'action du révélateur aux très faibles épaisseurs sous lesquelles il se trouve confiné. Etant donné ce qu'on sait de l'inégale turgescibilité de la gélatine impressionnée, il est probable que c'est par là encore que s'expliquent le *développement confiné* et le *silhouettage* de M. COLSON (3), qui paraîtraient l'un et l'autre bien problématiquement réalisables si la glace protectrice demeurerait partout en contact intime avec la gélatine. Quant au *silhouettage* communément observable à la séparation des places fortement et faiblement impressionnées, comme il ne se manifeste jamais sur pellicule ou papier, mais seulement sur verre, il ne doit être autre que le phénomène de l'irradiation, dont ABNEY a formulé (4) la loi trop oubliée, et M. CORNU (5) le remède trop peu appliqué. »

(Communication du Dr A. GUEBHARD à la séance du 9 mai 1898  
de l'Académie des sciences.

### **Sur le silhouettage photographique. Réponse à la note de M. A. Guébbard.**

Dans une note du dernier numéro des *Comptes-rendus*, M. A. GUÉBHARD donne du silhouettage photographique une explication fort détaillée, mais certainement inapplicable à celles de mes expériences que cet auteur rappelle à cette occasion. Ce que j'ai décrit et montré à la Société française de physique est, en effet, non une ligne noire entourant le contour des objets, mais un liséré blanc, c'est-à-dire exactement le contraire.

Je n'ai d'ailleurs donné aucune explication de ce singulier phénomène et les conditions précises, dans lesquelles on l'observe, ne me sont pas encore complètement connues. J'ai simplement indiqué quelques-uns des cas où on peut l'obtenir ; voici peut-être le plus intéressant :

(1) *Bull. Soc. fr. de Photographie*, 2<sup>e</sup> série, t. XIV, p. 32 ; 1898. — *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 471.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 589 ; 1898.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 471 ; 1898.

(4) *Phil. Mag.*, 4<sup>e</sup> série, t. L, p. 46 ; 1875. — Cf. *Moniteur de la Photographie*, t. XXIX, p. 115 ; 1890.

(5) *Comptes rendus*, t. CX, p. 551 ; 1890.

Un papier au chlorure d'argent pour noircissement direct sans développement exigeant au moins une heure d'exposition, sous un bon cliché, pour donner une image convenable, est exposé seulement quelques secondes sous ce cliché ; une moitié de l'épreuve est ensuite masquée par un papier noir ; l'autre moitié est soumise à l'action prolongée des rayons jaunes (2 heures par exemple). La moitié ainsi exposée est donc continuée comme dans l'expérience classique d'Edmond BECQUEREL et l'image apparaît.

Le tout est ensuite développé, soit à l'acide gallique, soit à l'hydroquinone.

Avec l'acide gallique mélangé d'azotate d'argent, véritable bain d'argenture capable de développer (renforcer serait plus exact) même une image fixée, la moitié continuée, offrant plus de prise à l'argenture, monte assez vite ; mais l'autre moitié rattrape bientôt la première et, entre les deux, apparaît une bande étroite claire, marquant le contour du papier noir. Cette bande se produit ici entre deux images toutes les deux en train de monter et non, comme l'admet M. GUÉBIARD, l'une ascendante, l'autre descendante.

Le phénomène est encore plus frappant si l'on révèle à l'hydroquinone. Ce révélateur est, en effet, complètement indifférent à l'effet continuateur de la lumière jaune ; la demi-image continuée et celle qui a été protégée par le papier noir se développent simultanément, et c'est entre deux régions montant avec la même vitesse qu'apparaît le liseré clair dont il s'agit.

J'ai simplement dit à cette occasion que la présence d'un cache en papier noir, ou en papier d'étain, au contact de la surface sensible, m'avait paru nécessaire, n'ayant jamais obtenu ce silhouettage clair sur des images fournies par un objectif.

(Communication de M. P. VILLARD à la séance du 20 mars 1903  
de l'Académie des Sciences.)

---



## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

*Sur l'action photographique spontanée des métaux en dehors de tout contact direct.*

Au cours de ses recherches sur la distillation des métaux dans le vide, et pour mieux suivre les différentes phases de cette distillation, M. KAHLBAUM a été amené à faire appel à la radiographie. Mais l'interprétation des clichés obtenus s'est montrée si difficile que M. KAHLBAUM en est venu à songer à une action spécifique des métaux sur la plaque photographique.

Pour contrôler cette hypothèse, il a placé différentes lames métalliques horizontalement entre deux plaques photographiques, ayant soin d'éviter tout contact direct par l'interposition de cales en carton et de papier paraffiné.

Au développement, il est toujours venu une image du métal, *mais seulement sur l'une des deux plaques photographiques*. Les métaux employés étaient l'aluminium, le fer, le zinc et le plomb. Ces métaux semblent donc posséder la propriété de se photographier eux-mêmes (*actinautographie*).

Les échantillons employés avaient été fréquemment exposés aux rayons X. Pour décider si c'était là la cause du phénomène, M. KAHLBAUM refit des expériences :

- 1° Avec des lames vierges ;
- 2° Avec des lames ayant subi l'action des rayons X ;
- 3° Avec des lames ayant subi l'action du radium.

Il n'y a eu, en général, impression que sur la plaque inférieure, c'est-à-dire sur la plaque placée en dessous du métal.

Avec les lames vierges, on a pourtant sur la plaque supérieure un léger effet dû à l'aluminium et un effet notable dû au zinc. Avec les lames exposées aux rayons, la plaque supérieure n'offre rien ou presque rien.

La pose a été de cinq jours environ.

L'effet n'est pas dû à la différence entre la surface supérieure et la surface inférieure du métal, car il se conserve par retournement. On est donc amené à l'attribuer à une *émission pesante*, du genre de celle qui a été observée par M. BLONDIOT.

Une confirmation de cette idée est que le phénomène disparaît si tout le système est disposé *verticalement* ; la dissymétrie due à la pesanteur n'existant plus, on ne constate plus de différence sur les clichés.

On pourrait encore attribuer l'action observée aux propriétés que M. BLAAS a nommées « photéchiques » et qui appartiennent à beaucoup de corps, entre autres au carton et au zinc. Bien que l'expérience réussisse parfaitement, en l'absence de tout carton, il reste possible que les actions photéchiques jouent un rôle dans le phénomène.

Pourtant l'idée d'une émission pesante est confirmée par le fait, qu'en plaçant le système verticalement, la *lame métallique légèrement inclinée* en sens contraire sur les deux plaques, son image n'est plus parallèle à l'objet ; elle apparaît vaguement élargie comme si les trajectoires des rayons étaient paraboliques.

M. KAHLBAUM a repris toutes ces expériences avec des lames métalliques ayant séjourné dans l'eau radioactive de Baden. Les phénomènes ont été les mêmes, c'est-

à-dire que tous les métaux actifs (Fe, Ni, Cu, Pb) ont fourni des images sur la *plaque inférieure seulement* ; le zinc seul agit sur les deux plaques, mais plus énergiquement vers le bas.

Il est juste de dire que les phénomènes dépendent beaucoup des plaques photographiques employées, et surtout de l'état hygrométrique de l'air.

Malgré cela, M. KAHLBAUM et M. STEFFENS ont pu, au moins avec le zinc, accroître la dissymétrie d'action due à la pesanteur, en lui ajoutant celle due à une force centrifuge considérable. Le zinc, à cet égard, se comporte comme l'uranium.

Georges W. A. KAHLBAUM et Max STEFFENS.

*Physik Zeitschr.*, janvier 1905, analysé par Léon Bloc dans *Le Radium*, n° 2,  
13 février 1905, page 66.

*Le Directeur-Gérant* : CHARLES MENDEL.



Cristaux d'hydroquinone dissous dans l'acétone.



Cristaux d'amidol, coin du dépôt.





# SUR L'INVERSION PHOTOGRAPHIQUE

---

## II

### EXEMPLES D'APPLICATION DES SCHÉMAS SYNOPTIQUES A DES CAS PARTICULIERS

**Dans la pratique courante**, un phototype ne comprend que très exceptionnellement l'ensemble des valeurs du graphique de la fig. 2, depuis les plus faibles jusqu'aux extrêmes, dites de *solarisation*, que l'on peut définir rigoureusement (1) comme comprises entre celle qui, partant de l'origine même, correspond à l'impression susceptible de devenir instantanément visible au premier contact du bain, et l'impression *directe* maximale qui, selon toute vraisemblance, a pour point de départ de sa courbe, sur l'axe des  $y$ , un point encore inférieur au *maximum maximorum* tel que le peut fournir le développement.

Si de pareilles valeurs sont présentes et qu'on fixe, soit immédiatement, soit après un instant de bain très faible (2) et très court, on peut avoir encore un négatif, mais en sacrifiant toutes les valeurs inférieures, qui n'ont pas eu le temps

(1) Cependant J.-M. EDER, qui a cherché à déterminer la forme de la courbe photographique par de nombreuses expériences, malheureusement toutes viciées par l'emploi de plaques, où les phénomènes d'irradiation introduisent un coefficient d'erreur important, même en s'arrêtant, comme il l'a fait, à la partie supérieure de la courbe « pour laquelle une action lumineuse plus prolongée ne conduit plus à une augmentation sensible du noircissement », fait terminer là, et non commencer, comme ce nous semble logique, la *période de solarisation*, dont il ne paraît pas avoir jamais eu, même comme définition, une idée bien précise (à juger par ce qu'en dit son *Ausf. Handbuch der Phot.*, II, 72, 3<sup>e</sup> éd.; 1900). Nous avons vu (p. 103) comment, en 1881, il déniait le rôle du voilage dans les anciens procédés de *positives directes*. Or, en 1902 (*Photographische Correspondenz*, p. 570), il réfute à juste titre PRECHT, d'après lequel la solarisation serait exclusivement un phénomène de développement, sans rapport direct avec la modification photochimique. Mais, en 1903 (*Jahrb. f. Photogr. u. Reproduktionstechnik*, p. 20), quand il s'agit d'expliquer pourquoi une plaque surexposée se montre d'abord négative au bain, puis, plus tard seulement, positive, voici tout ce qu'il trouve : « On explique ce fait en disant que la lumière a produit deux images différentes superposées (*sic*), de telle sorte que le révélateur peut faire apparaître plus rapidement l'une ou l'autre de ces images ! » D'où une catégorie nouvelle d'*images* à double fin, digne d'enrichir la jolie collection d'images... verbales, dont nous avons vu se payer complaisamment maints autres auteurs. Pour EDER, d'ailleurs, et contrairement aux expérimentateurs que nous avons déjà cités, mais d'accord avec A. et L. LUMIÈRE, ainsi qu'avec HURTER et DRIFFIELD, le noircissement serait, pendant toute la période qu'il appelle de *sous-exposition*, proportionnel à la quantité de lumière incidente, pour devenir ensuite proportionnel à l'accroissement du logarithme, dans la période qu'il appelle de *juste exposition*.

(2) Nous insistons sur ce que notre schéma de la figure 2, n'a voulu représenter que les phénomènes du bain lent, dilution décimale des formules courantes. Pour les bains rapides, il est évident que toutes les courbes s'accroissent en s'écrasant contre l'axe des  $y$ , et en transformant maints plateaux en sommets plus ou moins aigus.



de partir. Pour peu qu'on prolonge le bain jusqu'à l'instant  $t_1$ , on voit ces hautes valeurs s'inverser entre elles, tandis que, l'une après l'autre, montent, pour les rattraper, les valeurs moyennes. Celles-ci se suivent, du reste, fort longtemps en ordre de superposition normale, et, si elles sont seules présentes, la prolongation du développement, qui a pour effet de les accentuer de plus en plus, n'a d'autre inconvénient (à moins que ce ne soit recherché comme avantage particulier) que de les resserrer aussi les unes contre les autres c'est-à-dire d'atténuer le rendu vrai des contrastes. Mais s'il s'y mélange seulement une ou deux valeurs de solarisation, celles-ci se montrent *inversées* et l'on a les clichés *amphitypes*, qui tant intriguèrent nos devanciers, et particulièrement exercèrent l'imagination de DE LA BLANCHÈRE (1).



Fig. 1. Schéma symbolique de la fonction photographique ou des altérations de surfaces, en fonction de la somme totalisée de leurs causes.

Mais, que cet accident se produise ou non, si l'on dépasse l'instant  $t_3$  de répartition à peu près normale des valeurs moyennes, on voit fatalement les supérieures descendre, alors que les autres encore montent, et, à un moment donné, vers  $t_4$ , se produire le brouillage général du *voile de développement*, décourageant écueil où s'échouaient régulièrement toutes les curiosités des chercheurs.

Entre temps, cependant, ont commencé à grisailier les grands blancs du phototype (2), puis, avec une rapidité qui a causé l'étonnement de tous les observateurs (3), à monter en noir, en commençant par les parties les moins impressionnées qui, très vite, s'inversent (4). C'est ce qu'expriment les courbes en pointillé, et si

(1) H. DE LA BLANCHÈRE, *l'Art du Photographe*, I, 127; 1859. — *Répertoire encyclopédique de la Photographie*, I, 366; 1863.

(2) Beaucoup de praticiens, non sans quelque raison, voient dans l'apparition du grisaillement des parties totalement préservées du cliché, le signal avertisseur de la nécessité d'arrêt du développement.

(3) Malgré l'insistance avec laquelle nous avons nous-même relevé ce détail, et la confirmation qui lui a été apportée par une observation de P. VILLARD (*Soc. fr. de Phys.*, 2 déc. 1903) sur laquelle nous aurons à revenir, nous devons dire que nos récentes observations sur l'*irradiation*, d'où il ressort qu'il n'est, pour ainsi dire, pas de portion de surface, si protégée qu'elle paraisse, qui ne reçoive, par irradiation latérale, une excitation beaucoup plus grande qu'on ne pourrait imaginer, nous forcent à faire de nouvelles réserves sur le tracé de ces courbes, qui nous parut toujours fort embarrassant, ainsi que sur l'explication chimique que nous étions enclin à en donner, en la rattachant aux altérations, encore mal connues, du bain, auxquelles paraît dû le *voile dichroïque* (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWITZ, Sur les diverses causes de production et sur la composition du voile photographique dit « voile dichroïque ». *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XX, 26-31; 1904).

(4) DE LA BLANCHÈRE avait remarqué qu'en produisant l'inversion par l'introduction d'une goutte de nitrate d'argent dans le bain de développement d'une plaque difficile à faire venir

l'étroitesse du dessin a forcé de les faire partir peut-être un peu plus tôt que de raison, il ne semble pas qu'il puisse subsister plus de doute sur leur mutuelle chevauchée que sur la prolongation de leur ascension. Quant à leur direction asymptotique terminale, il est certain qu'elle devra être modifiée en même temps que celle des autres courbes, pour être rapprochée de la forme de la fig. 1. Mais il n'en est assurément que plus probant de voir, malgré ses défauts reconnus, la fig. 2 rendre un compte précis de tous les faits acquis de la pratique courante, pour peu qu'on sache y référer judicieusement et y considérer, en chaque cas particulier, le groupe des courbes qui doivent représenter ce cas.

Quant aux singularités photographiques qui firent si longtemps le jeu des

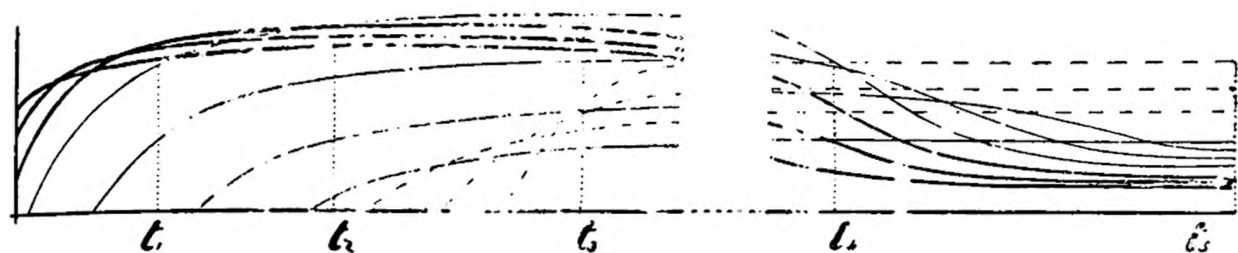


Fig. 2. Graphique synoptique de la marche du noircissement en fonction de la durée du développement en bain lent, pour diverses valeurs de l'impression.

chercheurs de midi à quatorze heures, nous allons voir comment la plupart d'entre elles peuvent être encore plus simplement résolues par la seule figure 2, que ne l'ont été, par la figure 1, les *continuations* et *destructions*, sur lesquelles il nous semble que doit avoir été passée condamnation, malgré les efforts faits récemment (1) pour rajeunir, dans ce qu'elles avaient de plus contradictoire et de

« quelquefois une partie seulement passe à l'*amphipositif* (positif à la fois par réflexion et par transparence) : généralement c'est la moins éclairée ; mais le cas contraire existe aussi. » (*L'Art du Photographe*, p. 134 ; 1859). Preuve confirmée que c'est par les extrêmes que se manifeste le plus vite l'inversion, à laquelle résistent le plus longtemps les parties moyennes. — Tout récemment encore, H. REEB, à propos du lancement d'un nouveau développeur (Sur un dérivé de l'amidol remplaçant ce dernier avec avantage dans toutes ses applications, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XXI, 207-211 ; 1903), produit spécial, auquel ne manque pas d'être attribué un phénomène observable avec tous les autres développeurs, REEB remarque que « l'action prolongée de l'amidol, même bisulfité, produit un voile d'autant plus intense qu'on est plus voisin de la sous-exposition. Dans les parties absolument vierges d'impression lumineuse, l'opacification peut même devenir complète, au point de donner à ces parties l'effet inverse qu'elles devraient présenter. Il en résulte un mélange de négatif et de positif... » Aussi a-t-on peine à comprendre que des expérimentateurs comme HURTER et DUFFIELD (*loc. cit.*), étudiant l'influence de la durée du bain sur l'apparition de la zone la moins impressionnée de la plaque, aient été amenés à conclure qu'elle était nulle. EDER (*Sitzgsber. d. k. Ak. der Wiss. in Wien*, CVIII, 9 nov. 1899) a repris leurs expériences et est arrivé à une conclusion contraire, même en s'en tenant à la très petite variation, de 3 à 10 minutes, du développement ordinaire.

(1) P. VILLARD. Sur les actions chimiques de la lumière, *Soc. fr. de Physique*, 2 et 16 décembre 1904, 6 janvier 1905. — Surenchérissant sur les catégorisations de rayons, héritage de ses prédécesseurs, cet auteur crée, par épithètes et sans définitions, des catégories multiples d'*images*, à propriétés mystiques fort distinctes, pour lui. Outre l'*image latente*, que sa latence n'empêche pas d'être, avant que de naître, *détruite* par la lumière jaune ou orangée, dans le

plus alambiqué des expériences et des manières d'explication remontant au temps de BAYARD, contemporain et quasi précurseur de DAGUERRE.

**Voilage.** — A la base de presque toutes ces expériences se retrouve le vice originel auquel bien d'autres, plus importantes, ont dû de n'avoir laissé que des résultats absolument illusoires : l'emploi du voileage préalable « à la lumière diffuse », c'est-à-dire d'un procédé où la moindre fraction de temps qui s'écoule, la moindre buée qui passe, modifient les résultats du tout au tout, et, de ce réactif ultra-délicat qu'est la plaque sensible, peuvent faire un instrument presque inerte, ou capable de répondre indifféremment blanc ou noir, suivant que le coup de lumière préventif l'a amené au voisinage du maximum ou du minimum de sa courbe. Or si l'on réfléchit qu'une seule seconde d'exposition, même pas au soleil, mais simplement à l'ombre, suffit à amener une plaque de moyenne sensibilité vers le zéro de l'anesthésie momentanée, on conçoit la dangereuse incertitude de la méthode qui, ne mesurant ni le temps, ni la lumière, prend pour instrument de comparaisons un instrument non comparable avec lui-même, et dont le principe consiste à surcharger, en bloc, d'une valeur démesurément grande et parfaitement inconnue, les valeurs très petites qu'on se propose d'étudier dans leur différenciation. Quoi d'étonnant, alors, qu'oubliant l'énormité de cette variation préliminaire, pour ne s'attacher qu'aux infimes variations consécutives, l'observateur arrive à se contredire d'un instant à l'autre, à traiter de *destructive* la lumière jaune d'abord appelée *continuatrice*, et à oublier, pour quelques apparences de « destruction » observées à la lumière rouge, les nombreux faits de « continuation », qu'attribuèrent à icelle des physiciens émérites !

Tout cela ne serait pas bien grave, limité aux seuls faits qui, dans le but de montrer les actions chimiques de la lumière, font surtout ressortir l'action physique de l'azotate d'argent, dans son rôle de pourvoyeur du nuage métallique moléculaire qui, dans les bains révélateurs, soit emprunté aux parties les moins impressionnées de la plaque elle-même, soit apporté en surcroît du dehors, joue, vis-à-vis des plages illuminées, le rôle des vapeurs de mercure ou d'eau vis-à-vis des surfaces insolées, suivant la méthode de MOSER, ou chauffées suivant celle de HUNT.

Parfois, même, l'erreur n'a pas eu d'inconvénient. Au contraire, serait-on tenté de dire à propos des expériences suivantes.

**Expériences de P. de Heen.** — Rien autre, qu'un fait banal d'*inversion*, ne

même temps que celle-ci *continue* l'image... de *continuation* (qui n'a donc jamais été latente<sup>2)</sup>, il y aurait encore une *image inerte*, que son inertie n'empêcherait pas d'accélérer le mouvement de l'image *non continuée*, laquelle, ainsi, se laisserait rattraper très facilement par l'autre, et donnerait, au bain, le spectacle très suggestif d'un noir non continué continuant mieux qu'un noir continué. Enfin n'oublions pas que la susdite *image latente* est encore « bien différente d'une *image visible faible* », non point pour ce que, étant *latente*, elle n'est pas *visible*, même faiblement, mais parce qu'il faut bien qu'à une opposition de mots réponde une opposition de choses, à laquelle s'accommode toujours quelque détail d'observation, « comme le montre l'action des divers révélateurs et comme le prouvent également d'autres expériences ».



se trouve dans l'expérience qui a servi de point de départ à P. DE HEEN (1) pour son invention momentanée d'une « infra-électricité », qui aurait joui de propriétés « continuatrices » mais point « excitatrices », et produit des effets, tantôt de voilage, tantôt de dévoilage, suivant qu'elle serait « en repos (*sic*) ou en mouvement. » Une plaque photographique *préalablement voilée*, puis enveloppée d'une feuille du papier noir ou gris qui sert à l'emballage des plaques, est exposée au châssis-presse, sous une découpeure d'étain, d'épaisseur quelconque, à la lumière du soleil ou à 40 cm. d'un arc électrique, pendant plusieurs heures. Quand on la développe ensuite, on trouve la silhouette de la cache marquée en noir; et, sans remarquer que toute autre cache opaque, de carton aussi bien que de métal, placée à côté de celle d'étain dans les mêmes circonstances eût donné les mêmes effets (2) que, même, dans une expérience de l'auteur (3), un écran ordinaire interposé au devant de la source lumineuse, a produit, sur toute la partie de la plaque qui était dans son ombre, presque autant d'effet qu'une cache accolée; sans s'arrêter à ce qu'on observe exactement l'inverse, si la plaque n'a pas été préalablement voilée, ou seulement si on la regarde avant le développement; ni à ce qu'on obtiendrait exactement la même chose, soit en exposant un instant au soleil la plaque nue sous la cache, soit en photographiant à la chambre noire, avec une pose suffisante, un carreau de vitre sur lequel aurait été collée une découpeure pareille; sans se contenter enfin de la commode *lumière noire* de LE BON, utilisée en circonstance tout analogue et fort prônée par l'auteur; celui-ci, pour expliquer l'effet *luminoïde*, invente une lumière inédite, assuré de trouver dans le vocabulaire ancien de quoi justifier les attributions contradictoires du vocable nouveau?

N'était-il pas plus simple de se demander si, parmi tout l'assortiment connu des vibrations visibles, qui constituent la lumière, ou invisibles, qui l'accompagnent, il ne s'en trouvait pas quelqu'une pour filtrer à travers l'incertaine noirceur de la trame papyracée, assez pour agir à la longue sur la surface sensible, à la manière de ces rayons rouges auxquels une terminologie *ad hoc* attribue électivement une vertu spéciale de destructivité, depuis longtemps étendue à leurs obscurs, mais insinuants voisins du spectre chaud inférieur, abondamment fournis par l'ardent soleil ou par l'incandescence électrique agissant à courte distance.

Pour nous, il n'y a là que le jeu de chevauchement normal de deux courbes de surexposition, différenciées, à la suite du premier voilage, par la très longue action des radiations d'un spectre complet très intense, dont il est bien connu que, tout au moins, la partie inférieure toujours pénètre à la longue le meilleur des papiers noirs (4).

(1) P. DE HEEN, Note sur le radiomètre, sur la photographie Le Bon, et sur la nature de l'électricité, *Bull. Ac. de Belg.* (3), XXXII, n° 17; 1896.

(2) G. H. NIEWENGLOWSKI (*C. R. Ac. Sc.*, CXXII, 232, 583; 1896) a même montré que le simple contact prolongé d'un cliché contre une plaque sensible, dans l'obscurité, suffisait à produire une image développable.

(3) P. DE HEEN, Note relative à quelques conditions d'équilibre infra-électrique, et à la conduction de cette énergie. *Bull. Ac. de Belg.*, (3) XXXII, n° 9-10; 1896.

(4) P. VILLARD (*Soc. fr. de phys.*, 16 décembre 1904) a pu répéter l'expérience de LE BON-DE-HEEN à travers plusieurs épaisseurs de papier noir et avec un simple bec Auer, sur une

**La lumière noire de G. Le Bon.** — C'est à une expérience presque identique, quelquefois seulement compliquée d'une interposition d'écran phosphorescent, que dut un regain d'éclat la *lumière noire* de G. LE BON (1), dont la clarté, plutôt négative, avait eu pour effet fâcheux de jeter un voile de discrédit sur maintes autres révélations plus intéressantes de cet auteur (2) et d'en empêcher le développement normal à son profit. Malheureux effet d'une malheureuse expression, dans une science qui en supporte tant de pires ! Mais malheureux seulement au point de vue de l'auteur, qui, pour défendre sa *lumière noire* (3), était amené à découvrir prématurément ce qui devait devenir toute la science de l'ionisation, tandis que, pour le combattre, d'autres (4) étaient amenés à faire avec lui (5) des constatations nouvelles (6) fort précieuses sur la transparence à l'infrarouge d'une foule de

plaque voilée aux rayons X. Il ne l'impute pas à autre chose qu'à l'action « destructive » de l'infra-rouge, quoique cette action eût été par lui-même, antérieurement, attribuée à la lumière blanche tout entière.

(1) GUSTAVE LE BON, Nature des diverses espèces de radiations produites par les corps sous l'influence de la lumière, *C. R. Ac. Sc.*, CXXIV, p. 737; 1897. Cf. *C. R.*, CXXII, 188, 233, 386, 462, 522, 1054; 1896. Sur la condensation de la lumière noire, *C. R. Ac. Sc.*, CXXII, 1054; 1896.

(2) G. LE BON, Sur les propriétés électriques des radiations émises par les corps sous l'influence de la lumière, *C. R.*, CXXIV, 892; 1897.

(3) Tandis que P. DE HEEN (*Rev. Suisse* (4), XVI, 161; 1901) très nettement renonçait à son *infra-électricité*, dont le nom, du moins, n'avait rien d'absurde, G. LE BON s'attache à sa tunique de Nessus, en arguant (*Rev. Scient.* (4), XI, 107, 1899) de l'exemple d'un éminent physicien anglais qui a pris pour sujet d'un livre les « Invisibles lumières ». Mais un autre physicien anglais non moins éminent, J. F. W. HERSCHEL (*Phil. Mag.* (3), XXII, 132; 1843), déjà protestait contre ce bluff d'Amérique, inacceptable aux amis de la lumière tout court, et d'autant plus inutile que le mot « radiations » s'offrait naturellement pour mettre tout le monde d'accord, avant que celui de « *radiances* », ou quelque autre analogue, parût devenir utile, pour les phénomènes dont la nature vibratoire reste à établir.

(4) PERRIGOT, Sur la lumière noire, *C. R. Ac. Sc.*, CXXIV, 837; 1897. — Id., Sur la transparence de l'ébonite. *Id.*, p. 1087. — H. BECQUEREL, Explication de quelques expériences de M. G. LE BON, *C. R. Ac. Sc.*, CXXIV, 984; 1897.

(5) En vérité Biot (Note sur un papier sensible préparé par M. DAGUERRE, *C. R. Ac. Sc.*, VIII, 247; 1839) remarquait déjà que les radiations calorifiques, même émises de corps non lumineux, agissent dans le même sens que la lumière pour colorer le nitrate d'argent. GAULTIER DE CHANTRY (Sur l'action de la chaleur dans la formation de certaines images photographiques, *C. R. Ac. Sc.*, XLVIII, 811 et 1026; 1859) produisait des « images thermographiques » par un procédé moins compliqué, et surtout moins singulièrement interprété, mais de même principe, que celui de G. LE BON.

(6) G. LE BON, Sur la transparence des corps opaques pour les radiations lumineuses de grande longueur d'onde, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVIII, 297; 1899. *Rev. Scient.* (4), XI, 161-7, fig. 22-27; 1899. Dans cette note, qui, rigoureusement, démontrait l'inutilité, dans l'expérience fondamentale de l'auteur, de l'intervention d'une lumière inconnue quelconque, surtout noire, il est à remarquer que, s'agissant de phénomènes d'*inversion*, maintes conclusions devraient être elles-mêmes inversées, et que, le plus souvent, lorsqu'il est écrit « transparence » il faudrait logiquement lire « opacité ». Quelque part ailleurs (La dissociation de la matière, *Rev. Scientif.* (4), XVIII, 577-590; 1892; p. 585) il est question d'une disparition photographique de l'ultra-violet du spectre solaire « malgré la prolongation de la pose. » Il semble bien qu'il faudrait lire à cause : et cela expliquerait que l'auteur ait cherché en vain à découvrir dans le ciel les « influences inconnues », qui étaient probablement au fond de sa cuvette. Souvent ainsi l'on croit avoir éliminé toutes les causes d'erreur, en ne prenant garde qu'aux plus



substances opaques aux vibrations supérieures. Ce n'est point la première fois qu'on voit, d'une observation mal interprétée, provenir une foule de choses excellentes. Puissent les infra- et supra-électricités de P. DE HEEN, sortir les mêmes effets bienfaisants (1) et prendre, sur un autre terrain, l'importance que force nous a été de leur dénier en photographie, malgré les présomptions, qui s'accumulent de plus en plus, de l'intervention, pressentie par DAGUERRE (2), de l'ordinaire électricité elle-même, dans l'action intime de la lumière.

Mais où le dommage du voile s'est montré sérieux, c'est (laissant de côté la phosphorescopie, où il y aurait beaucoup à dire) en simple spectroscopie.

**Photographies spectrales.** — Par le seul fait du voilage indéterminé auquel ils recouraient, en le regardant simplement comme une sorte de complément de la sensibilisation préalable (3), et sans plus en tenir compte ensuite, les anciens

lointains et oubliant les plus proches. Utiliser par exemple, comme isoloir d'un électroscope, un épais gâteau de soufre, n'est-ce pas mettre en jeu l'extraordinaire susceptibilité du soufre aux radiations lumineuses (G. SAGNAC, Sur les propriétés des gaz traversés par les rayons X, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVII, 170; 1897) et particulièrement à celles qui sont bien connues pour traverser facilement les faibles épaisseurs d'aluminium? Ne pas tenir compte des temps d'illumination, n'est-ce pas s'exposer (II. BUISSON, Sur la modification des surfaces métalliques sous l'influence de la lumière, *Journ. de Phys.* (3), X, 597-607; 1901), à voir, comme en photographie, se renverser tous les résultats? Soit dit sans vouloir diminuer l'intérêt de ces expériences, qui, faites presque identiquement et simultanément par W. HALLWACHS (*Wied. Ann. der Phys.*, XXXIII, 301; 1888) en Allemagne, et A. RIGHI (*Rendic. Acc. Lincei*, IV, 483, 498, 578; 1888) en Italie, ont été multiples répétées sous d'autres formes, et ont fini par donner un essor inattendu à des théories auxquelles je suis le premier à applaudir. Mais il est certain que le tout ne pourrait que gagner de valeur à une critique plus complète des causes d'erreur, non seulement extrinsèques, mais surtout intrinsèques, de façon qu'on n'eût plus à se demander, par exemple, dans les expériences de LE BON, si la constance de certains résultats, que d'autres n'ont pu obtenir, ne tiendrait pas simplement à la constante présence de ce soufre, dont les autres n'usaient pas. Le *connais-toi toi-même* doit s'étendre, en physique, à tous les instruments qui suppléent à nos sens. Si l'on avait bien connu, avant de l'utiliser, la plaque voilée, que d'erreurs n'eussent pas été évitées! Il est vrai que nous n'aurions peut-être pas non plus maintes bonnes choses, issues de ces erreurs : disons donc, sans plus insister, que tout est pour le mieux dans le meilleur des mondes.

(1) Je m'aperçois, après avoir formulé le vœu, qu'il a été déjà à demi exaucé, car un article de la *Rev. Scient.* (P. DE HEEN, La radio-activité de la matière et l'énergie susceptible de se développer à la surface des corps, *Rev. Scient.* (4), XVI, 161-170, fig. 6-18; 1901), résumant des communications de l'auteur à l'Académie Royale de Belgique (Cf. aussi : Reproduction électrique des figures de Savart, obtenues à l'aide de lames liquides, *C. R. Ac. Sc.*, CXXIX, 717; 1899. La projection de l'éther, *Arch. des Sc. phys. et nat. de Genève* (4), IX, 147; 1900) contient nombre de faits intéressants et montre comment, en partant du même point que LE BON, il fallait aboutir au même terminus, malgré le trop de *lumière noire* qui obscurcit encore la marche, surtout vers les « transcendances », et empêche une complète remise au point, surtout en photographie. Aussi l'auteur jette-t-il délibérément celle-ci par dessus bord, comme trop « capricieuse », et c'est là une leçon dont feront bien de profiter ceux qui seraient tentés de ne voir dans la plaque sensible qu'un enregistreur automatique, indépendant de la manœuvre et de la critique finale. Nous en verrons, prochainement, en astronomie, d'autres exemples.

(2) DAGUERRE, Sur un moyen d'abréger considérablement le temps nécessaire pour produire une image photographique. *C. R. Ac. Sc.*, XII, 23 et 1228; 1841.

(3) Et qui l'eût été effectivement, si l'emploi de la lumière diffuse et le but avéré de faire

se mettaient dans le cas d'un physicien qui, pour augmenter la sensibilité de sa balance, arriverait, sans s'en apercevoir, à la rendre folle et à la faire chavirer. Encore, avec la balance, est-on prévenu, tandis que rien d'apparent ne distingue préventivement la plaque forcée de la plaque ultrasensible. Aussi DRAPER (1), HERSCHEL (2), E. BECQUEREL (3), ABNEY (4), étudiant spectralement la sensibilité des surfaces, ont-ils été amenés à des résultats dont il est surprenant que la monotonie générale, en même temps que la variabilité particulière, ne leur aient pas fait devenir l'inanité. Dans le but louable d'obtenir l'impression des extrémités les moins actives du spectre, ils donnaient à leurs plaques une impression préalable telle que, tandis que les rayons inactiniques, malgré ce renfort, péniblement et lentement commençaient la montée de leur courbe, le bleu, au contraire, tout de suite arrivé au sommet de sa course, très vite retombait vers le zéro, créant, au milieu du spectre, à la place du maximum vrai, un faux minimum, encadré de deux faux maxima aberrants, d'autant plus écartés qu'avaient été plus exagérés le voilage de la plaque ou la pose du spectre, ou son intensité. Comment se fait-il qu'en notant, vis-à-vis de surfaces toujours les mêmes, cette instabilité des maxima (5), comparée à la fixité des bandes soit d'absorption, soit d'émission, d'aussi éminents physiciens n'aient pas hésité à faire de ces images inconstantes des constantes caractéristiques de la sensibilité des surfaces (6), plutôt que d'en rapporter la variabilité

venir surtout les extrémités du spectre n'avaient fait dépasser presque toujours, même sur les plaques relativement peu rapides d'autrefois, la très faible valeur de démarrage qui, seule ajoutée préventivement à d'autres plus grandes, en eût à peine perturbé les relativités.

(1) J. W. DRAPER, On certain spectral Appearances, and on the Discovery of Latent Light, *Philos. Mag.* (3), XXI, 348-9; 1842. — Cf., Researches in actino-chemistry. On the distribution of chemical force in the spectrum. *Amer. Jour. of Sc. and A.* (3), V, 25; 1873.

(2) HERSCHEL, On the Action of the Rays of the solar Spectrum on the Daguerreotype Plate, *Philos. Mag.* (3), XXII, 120; 1843, etc.

(3) EDM. BECQUEREL, Des effets produits sur les corps par les rayons solaires, *Ann. de Phys. et Chim.* (3), IX, 257-321, pl. III; 1843.

(4) CAPT. ABNEY, On the Reversal of the Developed Photographic Image, *Philos. Magaz.* (5), X, 200-208; 1880.

(5) Pour le gaïac, où le maximum normal du bleuissement est très haut, vers M, le voilage, en le faisant disparaître, en fait surgir un autre vers F, où une impression courte ne donne rien.

(6) ABNEY (*loc. cit.*, p. 206) remarque cependant très justement que « l'inversion est due à l'action de la lumière sur le sel d'argent modifié par l'exposition préliminaire, et point à celle de la lumière sur le milieu liquide où la plaque est immergée ». Il opérait effectivement sur plaques immergées (après sensibilisation et voilage) au milieu des divers liquides à l'intervention desquels, soit avant, soit après, avaient eu recours les chercheurs de *positives directes*. Mais cela ne l'empêche point d'attribuer à la seule présence des divers réactifs les différences dues, tout au plus, à une différence de *continuation* chimique de l'action physique principale, par des oxydations dont V. SCHUMANN a montré la non indispensabilité en supprimant l'oxygène. Preuve nouvelle du rôle, non pas nul, mais secondaire, de ces interventions chimiques qui ne modifient guère les résultats, soit qu'elles se produisent avant, pendant ou après les autres, ou même pas du tout. MOSER n'obtenait-il pas l'inversion sur argent *non sensibilisé*, par la seule prolongation soit de l'insolation, soit du développement? Et E. KNORR, (*Bull. Ac. Sc. Petersbourg*, I, 261-277; 1842) par la seule chaleur, sans l'intervention de lumière ni de vapeur?

à la seule variable indéterminée de leur expérience, le voilage (1)? Comment se fait-il qu'en voyant apparaître en positif, dans l'espace du faux minimum, des raies demeurées blanches partout ailleurs, ils n'aient pas vu là, selon le parler du temps, une simple « destruction » par le violet, telle que leur montrait, sur plaque ordinaire, toute pose suffisamment prolongée pour faire apparaître, sans voilage, le rouge (2)? Puissance des mots, en vertu de laquelle, seul, avait droit au titre de *destructeur* ce rouge qui, tranquillement, édifiait son spectre, à côté du *trou* creusé par le violet.

Il est vrai que quelquefois c'était l'inverse qu'on voyait : un maximum unique, vers le jaune (3), encadré de deux bouts inversés, vrai type *amphitype* d'un spectre à peu près normalement posé, mais où, par surdéveloppement, comme nous l'avons maintes fois fait remarquer, les valeurs extrêmes se montrent inversées, les unes par chute rapide, les autres par rapide ascension, avant que les valeurs moyennes aient quitté leur plateau maximal.

D'autres fois, mais plutôt exceptionnellement (4), c'est le rouge seul qui montre le renversement de sa raie, et c'est de ce cas, simplement « entrevu par BECQUEREL », que P. VILLARD argue, de préférence à tant d'autres cas contraires, en faveur d'une vertu destructive spéciale au rouge, quoique, parfois aussi, exercée par le jaune. Or prenons un spectre ordinaire, simplement bien venu, sans rouge visible au développement normal : soumettons-le soit au bain prolongé, soit à un bain forcé, susceptible d'être arrêté à temps. Nous savons, et le schéma fig. 2 nous le confirme, que, tandis que les valeurs moyennes s'éternisent en hauteur, avec leurs courbes presque parallèles, sans recoupements, les valeurs les plus faibles, une fois parties, rapidement se dépassent les unes les autres, c'est-à-dire donnent l'inversion. Donc la raie A, qui n'a reçu aucune radiation directe (5), sera la

(1) Ou le développement, faudrait-il ajouter aujourd'hui, puisqu'il est démontré que, par le fait seul du développement, peut être déplacé le maximum vrai, et même reproduit le faux minimum.

(2) ABNEY (*loc. cit.*, pl. VI, fig. 13). Il est vrai que E. BECQUEREL, en pareille circonstance (Observations sur les expériences de MM. FOUCAULT et FIZEAU, *C. R. Ac. Sc.*, XXIII, 800; 1846; et *passim*), après avoir remarqué qu'il suffisait d'allonger suffisamment la pose pour voir le rouge élaborer son spectre au lieu d'en détruire un autre, attribue cela à la « lumière diffuse » de sa chambre « parfaitement noire », agissant, par conséquent, en auxiliaire et non en antagoniste du rouge. ABNEY (*loc. cit.*, p. 207, note) remarque comme « un fait singulier, que l'iodure d'argent, quand on lui a donné une exposition préliminaire, devient sensible depuis près de D jusqu'à A. » Phénomène encore inexpliqué, dit-il, dont il promet une explication expérimentale « facile », mais qui n'est pas venue à notre connaissance. Celle que suggère à E. BECQUEREL la pratique de l'actinomètre (Des effets produits sur les corps par les rayons solaires, *Ann. de Chim. et Phys.* (3), IX, 257-321, pl. III; 1843; p. 275), étonne de la part du grand défenseur de l'unité d'action du spectre. « Ainsi il y a, pour ainsi dire, deux spectres qui agissent sur la lame : l'un a son maximum entre G et H..., l'autre entre D et E, et n'agit que sur le sel déjà impressionné. »

(3) ABNEY, *loc. cit.*, pl. V, fig. 4, 5.

(4) *Id.*, pl. V, fig. 6; pl. VI, fig. 8, 12.

(5) En poussant le raisonnement à l'extrême, il semble que ce seraient des régions encore plus inférieures qui devraient, alors, se révéler. Mais il est évident qu'ici, comme dans la révélation normale, il faut, pour le démarrage, qu'ait préexisté un certain minimum d'impression.



première à paraître en noir sur la grisaille, en voie d'ascension, et nullement de destruction, du fond voisin, encadré d'un fond général encore plus vite ascendant.

Une autre manière de voir s'inverser l'extrémité la moins réfrangible du spectre, consisterait à amener le voilage préventif jusqu'au delà du maximum, mais en deçà du minimum de la courbe fonctionnelle (fig. 2). Il est évident que si l'état préalable de chaque point de la plaque est alors représenté par une certaine ordonnée moyenne de la *descente* de la courbe, l'adjonction de grandes valeurs, comme celles du violet, pourra faire dépasser le point le plus bas, remonter la côte et redonner l'ordre normal, c'est-à-dire l'image négative de second ordre, alors que l'échelonnement des petites valeurs, attardées sur la pente de chute, se présentera encore en ordre inversé, c'est-à-dire en positif, ou bien uniformisées au voisinage du minimum, avec apparence réelle d'effacement, pour qui ne voit que le résultat final. « En voilant pendant une seconde à la lumière d'une bougie, dit G. LE BON (sans préciser, d'ailleurs, ni la valeur de la bougie, ni la distance, ce qui importait plus que le grain de l'émulsion) des pellicules à grain très fin (pellicules anglaises Thomas) on les rend sensibles aux radiations de grandes longueurs d'onde. Elles sont dévoilées proportionnellement à l'intensité de ces radiations. Il y a là un effet, non pas continueur, comme on dit, mais destructeur (1) ». C'est la première expérience de FOUCAULT et FIZEAU (2) et la vieille querelle de mots d'E. BECQUEREL avec l'illustre physicien.

Mais la montée des noirs est beaucoup moins rapide sur la seconde branche de la courbe que sur la première, et c'est certainement d'un cas de ce genre que P. VILLARD (3) observe que : « La destruction est d'autant plus lente que l'exposition préalable a été plus longue ; ce serait le contraire pour l'inversion par solarisation. » Ce qui est plus lent, ici, ce n'est point la « destruction » par le rouge, mais bien la reconstruction du violet ; car, autrement, que ce soit par le rouge, ou par « solarisation » (si tant est qu'il soit facile de concevoir une solarisation spectrale sans rouge), il tombe sous les sens qu'on arrive toujours d'autant plus vite au minimum qu'on s'en est d'avance plus approché.

En résumé, si, pour simplifier, et en laissant de côté les complications du surdéveloppement, nous ne considérons que la portion du spectre comprise entre le maximum présumé et le minimum de l'« actinisme », il est évident, que si nous faisons tomber ce spectre sur une surface préalablement pourvue d'une valeur d'impression finie, l'image photographique résultante montrera une répartition des noirs qui sera elle-même grossièrement schématisée, sinon par toute, au moins par la plus grande portion de la courbe fonctionnelle, située à droite de l'ordonnée figurative du voilage. Si celui-ci a été très faible, il pourra y avoir un maximum dans le jaune, avec déclin de part et d'autre, solution approximative de l'or-

sion, proportionné à l'énergie présente du révélateur : ce minimum est ici fourni par l'irradiation latérale des parties impressionnées.

(1) G. LE BON. De la transparence des corps opaques pour des radiations lumineuses de grande longueur d'onde. *Rev. Scient.* (4), XI, 163-6, fig. 22-27, p. 163 ; 1898.

(2) FOUCAULT ET FIZEAU, Action des rayons rouges sur la plaque daguerrienne. *C. R. Ac. Sc.*, XXIII, 679 ; 1846.

(3) P. VILLARD, *Soc. fr. de phys.*, 6 janvier 1905.

thochromatisme ; simplement faible, il y aura un maximum dans la partie la moins réfrangible, un minimum dans l'autre, avec inversion de ce côté, partie amphitype intermédiaire. Si le voilage correspond au maximum de la courbe, il y aura un spectre entièrement inversé, sauf peut-être à l'extrémité violette, où pourront paraître, avec un relèvement, des raies normales. Si le voilage approche du minimum, l'extrémité rouge, tranchant en clair sur le fond, pourra sembler *détruite*, et si quelques raies subsistent, elles sont positives : l'extrémité violette paraît normale, mais peu intense. Et comme il est presque impossible, à la lumière diffuse du ciel, d'exposer assez rapidement une plaque tant soit peu sensible, pour ne pas tomber dans ce cas, on voit comment est née la légende de la destruction.

Des inconvénients, tout analogues à ceux du voilage, se rencontreraient dans l'emploi des plaques ortho-iso-, ou soi-disant pan-chromatiques, si l'on n'y apportait la plus grande prudence, en référant toujours à un spectre normal témoin (1). L'excès de confiance, en photographie, est la pire source d'erreurs, et, à accepter sans critique, comme le plus sûr des enregistrements, le document photographié, l'on s'expose à prendre pour réalité mainte apparence trompeuse (2). Que sera-ce lorsqu'on abandonne à tous les aléa l'une des circonstances principales ? Avec l'incertitude que laisse toujours subsister le procédé du voilage préliminaire, pratiqué autrement qu'avec une lumière étalonnée, il sera impossible de savoir jamais au juste auquel des cas précités correspondront des données, même intéressantes.

Mais une méthode tout indiquée, pour qui voudrait opérer systématiquement, consisterait à faire tomber l'image réelle d'un spectre bien déterminé, de manière à couvrir toute une surface pelliculaire, qu'on aurait préalablement voilée par bandes perpendiculaires aux raies, en ouvrant progressivement, à intervalles connus, le volet du châssis négatif, à une distance donnée, d'une lumière donnée. Ou bien encore, sans voilage, à faire poser d'un seul tenant un spectre produit par une fente en échelons. Ou bien encore, avec fente ordinaire, en fractionnant les poses par ouverture progressive du volet, de manière à obtenir, sur la même plaque, des images contiguës du même spectre correspondant à des temps aussi différents qu'on l'aura voulu. Et quand on verra, sur la même plaque, avec le même développeur, les mêmes rayons donner tantôt du noir, tantôt du blanc, suivant la durée de la pose ou du voilage préalable, nul ne pourra plus songer à attribuer à une spécificité particulière de ces rayons une puissance destructive qui, notoirement et de toute éternité, fut un des attributs les moins contestés de ce facteur banal qu'on ne saurait éliminer d'aucune expérience, le *temps*.

(1) W. M. SLIPPER, Spectre de Neptune et d'Uranus, *Bull. Soc. Astron. de Fr.*, juin 1903, d. 284-8, 1 pl.

(2) Sans parler de certaines supercheries cyniquement exploitées aux dépens de bonnes âmes qui ne demandent qu'à être trompées (E. N. SANTINI, La photographie des effluves humains, 80 de 130 p., 1899, Paris, Ch. Mendel), les observateurs les plus habitués à la précision peuvent être, dans des cas où il semblerait qu'il y eût le moins à se méfier, victimes des véridiques mensonges de la plaque. Un exemple récent vient d'en être fourni par P. PUISEUX (Sur quelques changements survenus à la surface de la lune, *Bull. soc. astr. de Fr.*, juin 1903, p. 249-64, fig. 78-81).



Mais y a-t-il vraiment *destruction* ? Ou bien la renaissance ne sort-elle pas de la ruine, et ne retrouverons-nous pas ici, comme, à bien regarder, dans la Nature entière, la loi pendulaire des oscillations indéfinies qui, bien mieux que la fausse mythologique, caractérise l'action du Temps ?

**Expériences de Janssen.** — Les célèbres observations de JANSSEN (1) que nous avons rapportées (2) paraissaient bien pouvoir être interprétées dans ce sens ; mais le fait seul que leur auteur lui-même s'en était tenu à un simple énoncé limitatif de faits expérimentaux, sans essayer jamais d'en tirer la généralisation que, par un évident abus de ses paroles (3), étaient arrivés à formuler certains commentateurs ; l'absence aussi de toutes données corrélatives quant au développement, et la vraisemblance que cela prêtait à l'interprétation toute différente, qu'à la suite d'expériences qui semblaient très précises, avaient donnée, A. et L. LUMIÈRE (4) ; tout cela nous avait fait incliner plutôt du côté de ces derniers, et adopter une explication qu'à titre de document, non dépourvu encore de toute spéciosité, nous allons reproduire.

Il est évident, d'abord, que l'image normale négative correspond soit à une pose

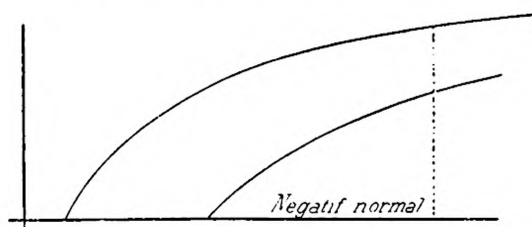


Fig. 3.

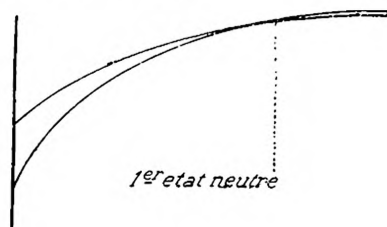


Fig. 4.

excessivement courte, soit à une intensité suffisamment réduite pour que les deux courbes figuratives ne soient point de celles des valeurs extrêmement grandes, mais de celles des valeurs moyennes, séparées par un intervalle relativement grand (disproportion d'éclat du soleil et du ciel) c'est-à-dire destinées à marcher longtemps parallèles avant de se couper (fig. 3).

(1) JANSSEN, Sur les transformations successives de l'image photographique par la prolongation de l'action lumineuse, *C. R. Ac. Sc.*, XCI, 199 ; 20 juillet 1880.

(2) T. I, p. 264.

(3) Quand JANSSEN parlait d'états neutres, il ne visait que l'identité survenue entre les deux seules valeurs que missent en jeu ses expériences, toutes deux très grandes, la lumière du soleil et celle du ciel. Le mot, il est vrai, par lui-même, incitait à la généralisation ; et c'est un exemple nouveau de la fâcheuse prépondérance que prennent trop souvent, même dans les sciences exactes, les mots sur les idées ; mais cette généralisation a été créée de toutes pièces par ceux-là même qui, très justement, la combattirent, en constatant que, sur un phototype comportant une grande échelle de valeurs, jamais ne peut être obtenu un véritable état neutre, et que, tout au plus, des valeurs peu différentes peuvent, à un moment donné, être amenées à un état d'approximative grisaille, dite *voile* ou *effacement*, suivant qu'elle est foncée ou claire.

(4) A. et L. LUMIÈRE, Les phénomènes d'inversion des images photographiques, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), IV, 209 ; 1888.

Prolonge-t-on la pose, ou accroît-on l'intensité de la lumière efficace ? les courbes figuratives sont de celles qui partent de l'axe des  $y$  et se recoupent très vite. Arrête-t-on le développement juste à ce moment ? On a le premier *état neutre* noir, et comme la rencontre des courbes se fait à angle presque fermé, un petit écart de part et d'autre n'a pas grande importance (fig. 4).

Mais si la pose a été encore plus longue, le croisement des courbes a lieu encore plus vite, et la chance devient grande de le dépasser (fig. 5) : c'est le *premier renversement*.

Enfin, pour une nouvelle exagération de pose, le développement, pour peu qu'il ne soit pas très atténué, fait parcourir en un instant aux deux valeurs inversées toute leur courbe, jusqu'à un si proche voisinage de zéro (fig. 6) qu'elles semblent s'y confondre en une commune teinte claire : *deuxième état neutre* (1).

Jusqu'ici, il n'y a rien que de très juste, de parfaitement constant, et dans les faits, et dans leur explication, donnée, sous une forme tout aussi plausible, par A. et L. LUMIÈRE, qui n'auraient même certainement pas mis en doute les deux *états neutres* de JANSSEN, s'ils n'avaient d'abord eux-mêmes, par une traduction

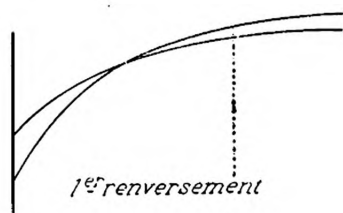


Fig. 5.

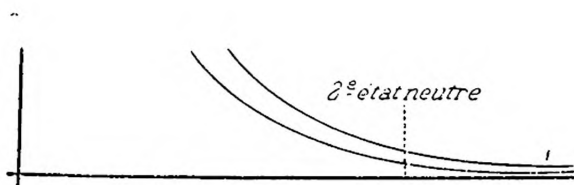


Fig. 6

vraiment trop libre, abusivement substitué au phototype astronomique, à deux valeurs, seul visé par JANSSEN (2), la notion de « plaque quelconque exposée sous un positif. »

**Expériences de A. et L. Lumière.** — Et pourtant, c'est pour n'avoir expérimenté, eux aussi, que sur deux valeurs, mais beaucoup moins nettement différenciées, qu'ils sont arrivés à des conclusions opposées. Il est évident, en effet, qu'en exposant simplement une plaque, sous un écran présentant une moitié moins transparente que l'autre, pendant des durées croissantes, à l'action d'une source connue, si la différenciation est très nette pour les petites intensités lumineuses, elle devient inappréciable par rapport aux très grandes valeurs, surtout aux approches des changements de signe de la dérivée. Il n'est donc pas étonnant

(1) D'après les données actuelles de notre fig. 2, l'on voit même que l'égalité rigoureuse peut très bien s'établir, d'une seconde façon, après que l'image du soleil a dépassé le minimum, celle du ciel étant encore en deçà.

(2) « En employant la lumière solaire, dit l'illustre astronome, mise en œuvre par les appareils de photographie céleste, j'ai pu obtenir 1°, ..., 6°, etc. » — « L'opinion émise jusqu'ici, disent les célèbres fabricants, est qu'une plaque exposée sous un positif, présenterait, avec des temps de pose croissants, les cinq états successifs suivants... »

qu'ayant poussé, dans ces mêmes conditions, leur expérience jusqu'au moment de l'extrême éclaircissement de la gélatine, c'est-à-dire tout près du zéro, où la variation des ordonnées, sur un très long espace (beaucoup plus long que ne peut le rendre la fig. 2), est extrêmement lente, A. et L. LUMIÈRE aient vu tout autre chose que JANSSEN, et aient cru qu'à partir de là « la lumière ne produit plus de modification développable; le révélateur ne produit presque plus de voile. » Simple traduction expérimentale de cet axiome mathématique, que, par rapport à de très grandes valeurs, de très petites sont négligeables.

Même avec la méthode des expositions fractionnaires multiples, si l'on ne met pas entre elles de très grands intervalles, ou si, avec de très longues poses sous caches fixes à échelons, le degré d'échelle n'est pas assez notable, on n'aperçoit, dans la grisaille générale, aux environs du minimum, aucune différence d'une bande à l'autre. Une pellicule Kodoïd Eastmann, exposée à la lumière d'un jour d'hiver peu intense, dans un châssis négatif, ouvert d'un centimètre toutes les secondes, ne montre pas de différence sensible entre la bande de pose nulle et celle de 11 ou même 17 secondes de pose. Bien plus, s'il y avait eu antérieurement, dans le sens de l'autre dimension, des poses moyennes, faites, par exemple, à 1<sup>m</sup> d'un bec d'acétylène de 20 pyrs, par des ouvertures successives du châssis échelonnées à intervalles décroissants, en progression géométrique de raison 2, la première, par exemple, étant de 128" et la dernière (avant la bande réservée) de 1" ou 1/2, ce qui représente pour chaque bande une pose totale à peu près double de l'intervalle d'ouverture correspondant, soit un écart d'au moins 1 à 256, suffisant pour donner, au développement, une échelle de valeurs très accentuée, on n'en retrouve, après exposition au jour, presque plus aucune trace. C'est l'*effaçage* des auteurs, la soi-disant destruction, la réduction à zéro, ou tout près, de A. et L. LUMIÈRE.

Et comme, en renversant l'ordre de la précédente expérience, le résultat en reste, à bien peu près, le même, il semble bien que ce soit l'annihilation définitive de toute sensibilité, la fixation asymptotique de la courbe figurative sur une direction parallèle très voisine de l'axe, telle que l'avaient dessinée A. et L. LUMIÈRE, et que nous avons nous-même tracé toutes les nôtres, sur la foi de leurs expériences, qui paraissent s'accorder avec nos premières observations de surdéveloppement.

Mais alors, comment interpréter la deuxième image négative de JANSSEN ?

Très simplement : comme fixation directe, sans développement, ou après un développement très réduit (1) de l'*image directe* imprimée en négatif sur la surface sensible par l'exagération d'action de la lumière (fig. 7), image que nous avons déjà vue justifier le terme de *solarisation*, mais dont la seule présence rendin-

(1) Rien ne défend d'imaginer un bain suffisamment dilué pour qu'en y laissant un temps suffisamment court une plaque quelconque surposée, qui, au bain normal, eût donné en un instant un positif, on ne retire encore un pur négatif. En thèse générale, rien n'empêche de graduer toujours le bain de façon que

$$\text{Action physique (lumière)} + \text{Action chimique (bain)} = \text{constante}$$

et d'obtenir ainsi, pour une valeur quelconque d'impression, le noir que l'on veut, fût-ce sur la seconde partie de la courbe.

compréhensible que l'on ait jamais pu attribuer l'inversion consécutive à une propriété destructive de ces mêmes rayons qui venaient d'attester leur puissance édifiatrice par l'élaboration anticipée, à sec, sans le secours du révélateur, de l'image noire, habituellement demandée aux coopérations chimiques les plus compliquées.

En réalité l'explication d'A. et L. LUMIÈRE était tout à fait spécieuse; car quoi de plus vraisemblable que d'admettre, dans le cas de telles surexpositions, l'usage de bains très affaiblis et très brefs? D'ailleurs ces auteurs s'étaient abstenus, dans leur référence, inexacte dès l'origine, de mentionner un dernier *état neutre noir* observé par JANSSEN, et qui, fût-il entaché de la même cause de suspicion signalée, n'en donnait pas moins un commencement de vraisemblance à l'allure de courbe ondulatoire, par laquelle d'autres auteurs, sans complément de preuves (1), traduisaient, encore plus librement que A. et L. LUMIÈRE, mais pour aboutir à une exagération contraire, le strict énoncé de JANSSEN.

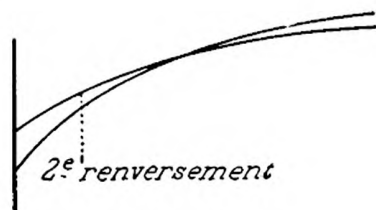


Fig. 7.

**Indices concordants.** — Nous-même, à part quelques cas, qui nous paraissent très suspects (et qui le demeurent encore) (2), de restitution de la sensibilité après

(1) H. W. VOGEL lui-même, dont la documentation est habituellement des plus précises et la critique des plus judicieuses, n'apporte aucun argument à l'appui de la courbe à double ondulation décroissante (deux maxima, deux minima, le dernier de ceux-ci surajouté à la liste de JANSSEN) par laquelle il figure la courbe photographique (*Handb. der Phot.*, II, 87, fig. 27; 1894), sans même avoir connu les remarquables expériences de H. BOUSSE (Étude des actions photographiques, *Ann. Fac. Sc. de Toulouse*, VIII F, 26, fig. 12; 1894), confirmatives du premier minimum.

(2) Comment admettre qu'une fonction amenée au point où de très grandes variations de sa variable principale, devenue très grande elle-même, ne produisent plus que des variations inappréciables de part ou d'autre d'une valeur très voisine de zéro, puisse, sans l'intervention d'une cause nouvelle de modification d'allure, redevenir aussi sensible qu'au départ à des variations infinitésimales de sa variable? Tout au plus pourrait-on faire exception pour certains cas où, soit l'impression première, soit l'effaçage n'auraient été opérés que par des moyens beaucoup moins violents. C'est ainsi que, lorsque P. VILLARD (*Soc. de Phys.*, 16 déc. 1904) efface par l'action très prolongée de la lumière solaire atténuée par des verres rouges une impression déjà très faible elle-même, il fait, en réalité, parcourir à celle-ci une courbe très déprimée et très allongée, qui, une fois revenue au zéro sans s'être jamais écartée beaucoup de l'axe, peut assez vraisemblablement, par l'intervention d'énergies nouvelles, grandes par rapport aux précédentes, donner à la marche un ressaut rapide, capable de simuler celui qu'elle aurait eu avant de servir d'instrument à ces anodines opérations préliminaires. Malheureusement, dans tous les cas de ce genre cités maintes fois, il y a couramment, dans les dires des divers observateurs, de telles contradictions, de telles incertitudes, et, dans les données expérimentales, des imprécisions tellement exclusives de tout contrôle, qu'on ne sait jamais quand l'observateur se trompe, ni même s'il se trompe, en parlant tantôt de sensibilité détruite, tantôt de sensibilité restituée. C'est parfois à se demander s'il n'y aurait pas à tenir compte ici d'un autre élément, non encore mis en ligne, la *fatigue* de la substance sensible et le *repos*, comme en physiologie, ce qui reviendrait à ajouter à toutes les variables enchevêtrées d'où dépend la fonction photographique, une autre, dépendant elle-même, non plus des actions extérieures, mais d'actions internes, qui se continueraient après les autres.

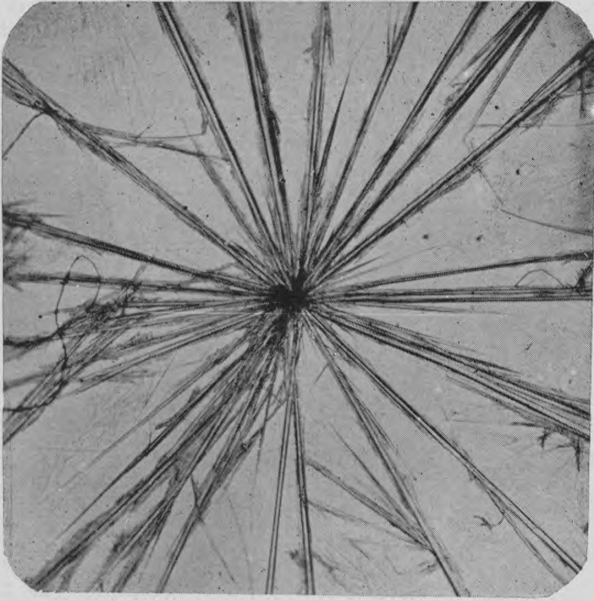


« effaçage » par l'action du grand soleil ; à part ces cas de « destruction » spectrale

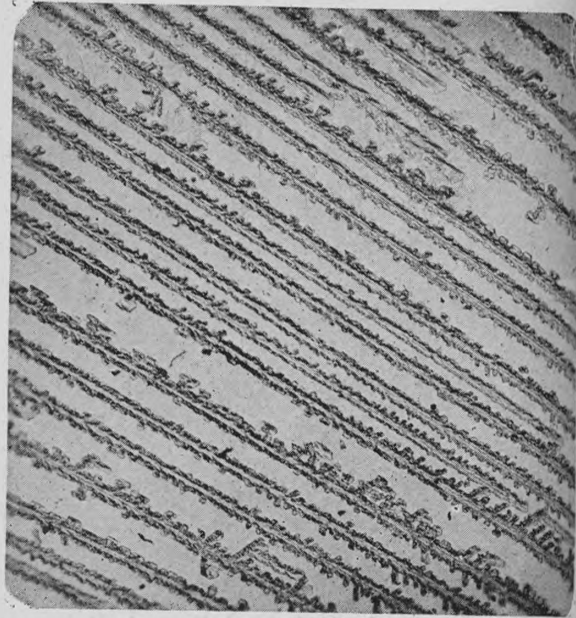
Quant à cette *continuation*, qui, elle, du moins, mériterait ce nom, les données sont encore plus contradictoires que sur tous les points que nous avons relevés. Certains auteurs l'ont trouvée négative, c'est-à-dire se sont imaginé que, par le seul effet du temps, certaines images non développées avaient perdu de leur intensité (NOEL, *C. R. Ac. Sc.*, XCII, 1108; 1881; TUNNY, *Phot. News* 1882, p. 491, etc.). Quelle confiance prêter à des remarques qui, d'après les brèves analyses que nous en connaissons, ne semblent pas avoir été soumises à une bien sévère critique scientifique ? D'autres (II. W. VOGEL, *Phot. Mittheil.*, XIX, 7; 1882), ont pensé le contraire et il fut un temps où l'arsenal de Woolwich, érigea la continuation spontanée en système, pour la gélatine bichromatée : des expositions d'un huitième du temps normal, devenaient bonnes après 15 à 18 heures d'abandon à l'obscurité sèche (II. BADEN PRITCHARD, *Brit. Journ. of Phot.*, 26 avril 1872). Mais E. AUDRA, ayant fait des expériences comparatives très rigoureuses sur le procédé si prôné, conclut qu'il est « matériellement impossible de constater un avantage quelconque à ce mode d'opérer » (*Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), XVIII, 178; 1872). Cependant E. BECQUEREL (Des effets produits sur les corps par les rayons solaires, *Ann. de Phys. et de Chim.* (3), IX, 267; 1843) confirme que SEEBECK avait observé qu'un papier enduit de chlorure d'or, légèrement impressionné, continuait à se colorer dans l'obscurité, comme il aurait fait au soleil. Peut-être pourrait-on mettre tout le monde d'accord, en remarquant que cette sorte de *continuation automatique* — si elle existe — pourrait bien, comme toutes les autres, se montrer soit ascendante, soit descendante, suivant son point de départ et sa durée. Or, GROSS (La katatypie, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XX, 444; 1904. *Phot. Rundschau*) remarque que les réactions dites *photochimiques* se produisent même sans insolation, par le seul effet du temps (voilage spontané des vieilles émulsions, insolubilisation progressive des papiers au charbon sensibilisés, altération des papiers au prussiate, etc.). « Les réactions commencent, pour ainsi dire, au moment de l'achèvement de la préparation ; mais ce n'est qu'après un certain temps qu'elles deviennent décelables. » Les images latentes, dit A. DE LA BAUME PLUVINEL (Le Temps de pose, in-18, 120 p., GAUTHIER-VILLARS, 1890, p. 118) ne se conservent pas indéfiniment. J. M. EDER qui a mesuré l'action des révélateurs sur des plaques vierges d'impression, a trouvé, pour toutes, et même après des développements très courts, 1 à 5 minutes, des valeurs très notables de noircissement (Système de sensimétrie des plaques photographiques, trad. E. BELIN, *Laboratoire d'essai de la Soc. fr. de Phot. Mémoires et documents*, III, 34; 1902). De même LÜPPO-CRAMER (*loc. cit.*, p. 41). II. BUISSON (Sur une modification des surfaces métalliques sous l'influence de la lumière, *Journ. de Phys.* (3), X, 597-607; 1901) remarque que le potentiel positif ou négatif développé par l'action de la lumière sur les métaux n'apparaît ni ne disparaît instantanément, mais « disparaît graduellement à l'obscurité, et le métal revient peu à peu à son état primitif. » Et il fait à ce sujet un rapprochement avec l'observation de NOEL, ci-dessus mentionnée : « Si l'on maintient, dit-il, la plaque photographique à l'obscurité, l'image latente disparaît peu à peu, et, après un temps assez long, variable suivant la nature de la couche sensible, la plaque ne peut plus être développée. Elle a repris ses propriétés antérieures, et l'on peut s'en servir comme d'une plaque neuve ». GUNTZ (Action de la lumière sur le chlorure d'argent, *Rev. des Sc. phot.*, I, 321; 1905), remarque que si l'on expose au jour du chlorure d'argent dans une atmosphère de chlore en tubes scellés, le noircissement, qui dépend de la pression du chlore et se refuse à paraître pour une certaine pression critique, disparaît ensuite dans l'obscurité. LÜPPO-CRAMER (*Zur Reduktionstheorie, Phot. Corr.*, XLI, 166; 1904), après avoir constaté qu'il n'est pas de préparation, même parmi celles pour diapositifs, qui ne laisse paraître, sous l'action du révélateur, un « voile chimique », ajoute que c'est peut-être « que ces plaques, après leur préparation, subissent encore un changement par le seul fait de leur stase en magasin. » GOLDSTEIN (Ueb. die durch Kathodenstrahlen hervorgerufenen Färbungen einiger Salze, *Wied. Ann. der Phys.*, LX, 491-9; 1897), a vu que la couleur bleu foncé que prend le bromure de potassium sous l'action des rayons cathodiques, qui disparaît en quelques jours à la lumière, et en quelques minutes par une élévation de température à 90°, disparaît aussi, mais très lentement (plus de sept mois) dans l'obscur



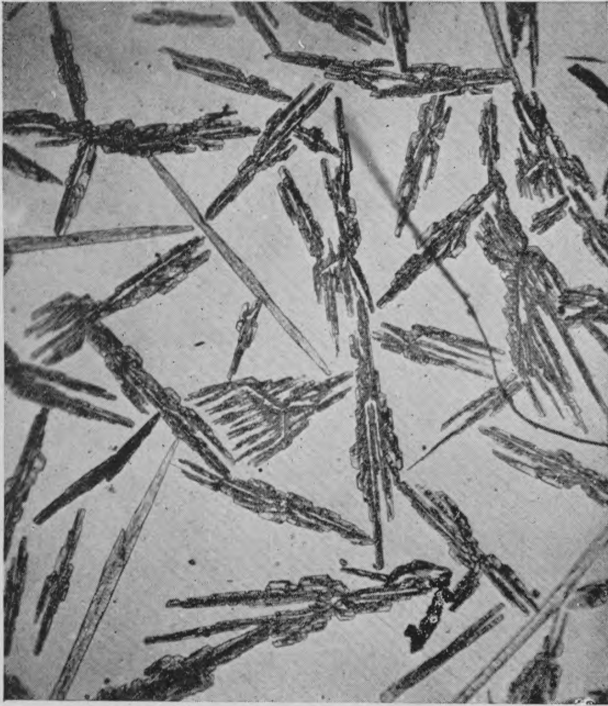




Photomicrographie de cristaux d'acide pyrogallique, avec lignes de rayonnement droites.



Cristaux d'hydroquinone dissous dans l'eau.



Cristaux d'hydroquinone dissous dans l'éther.



Cristaux d'hydroquinone dissous dans l'eau.

par le rouge, que nous avons vu interprétables autrement, nous ne possédions, à ce moment, loin de toutes ressources bibliographiques, rien qui pût nous faire mettre en doute les conclusions d'A. et L. LUMIÈRE, de sorte qu'étendant à leur courbe tout entière la créance qu'avait value à la première partie, malgré la flagrante inexactitude du dessin, la clarté que, par sa forme seule, elle jetait au milieu des absurdités évidentes qui depuis longtemps nous faisaient douter de la photographie comme science, nous réglâmes là-dessus, non sans peine, tout le tracé extrême de notre faisceau, qui paraissait, tel quel, répondre à tous les faits connus, y compris les cinq premiers cas, seuls cités, de JANSSEN.

D'ailleurs le sixième cas lui-même ne pouvait-il pas s'expliquer encore assez naturellement par un écourtement exagéré du bain, après une si grande pose, et par une coïncidence avec le point de croisement ascensionnel des deux courbes les plus supérieures (fig. 8)? A vrai dire, rien dans les données de JANSSEN, en l'absence de toute indication quant au bain, ne permet encore aujourd'hui d'affirmer qu'il n'en ait pas été ainsi, et que ce ne soit point par une simple intuition objectivée, plutôt que par une rigoureuse critique expérimentale, que JANSSEN, par son libellé plein de réserve, et VOGEL, par son dessin non exempt de témérité, aient été amenés l'un à faire prévoir, l'autre à matérialiser la forme ondulatoire que nos expériences personnelles mettent définitivement hors de doute.

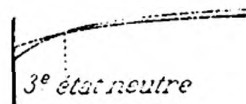


Fig. 8.

Il ne fallut rien moins, pour nous y amener, avant que nous eussions eu connaissance soit du livre de VOGEL (1), soit surtout des expériences de BOUASSE (2), que le rapprochement d'une foule de petits faits épars, tels que les vieilles observations, que nous avons rapportées, de la périodicité des images de Moser, des

rité. G. LE BON (La luminescence invisible, *Rev. Scient.* (4), XI, 406 9; 1899) estime à 18 mois le temps que met le sulfure de calcium à dissiper la charge résiduelle de luminescence donnée par 2 secondes d'exposition au soleil; autant, dit-il, que mettent la paraffine, le soufre, à perdre leurs charges électriques. D'après DE LA BLANCHÈRE (*Répert. encyclop. de phot.*, I, 382; 1863), DRAPER aurait vu se conserver sans altération pendant 3 ou 6 ans, dans l'obscurité, des *phosphorographies*, non fixées au sulfure de carbone, obtenues en exposant sous un cliché une couche mince de phosphore coulée entre deux glaces. Par contre un auteur d'incontestable autorité, J. C. BOSE (On the Strain Theory of photographic Action, *Proc. R. S.*, LXX, 183-193; 1903) ne paraît pas mettre en doute le « retour automatique » à leur état primitif, des surfaces impressionnées par des radiations quelconques, et ce ne serait même que la promptitude de ce retour automatique qui masquerait la sensibilité que possèderaient toutes les substances pour toutes les radiations. Ceci cadre trop bien avec les vues auxquelles nous étions arrivé d'une manière tout indépendante, pour que nous n'inclinions pas à y souscrire. Néanmoins il faut bien convenir que, expérimentalement, le fait d'une évolution moléculaire postérieure à l'impression, et *a fortiori* son sens, sont bien moins établis que celui de l'évolution permanente antérieure. Voilà qui mériterait assurément d'attirer l'attention, car c'est vraisemblablement là que se trouvera la clef du problème de l'équilibre instable des substances dites *sensibles* vis-à-vis de la lumière, et de l'équilibre mobile auquel seul est peut-être due l'apparence de stabilité des autres et la notion de leur couleur.

(1) H. W. VOGEL, *Das Licht im Dienste der Photographie*, *Handb. d. Phot.*, II, 80, fig. 27; 1894.

(2) H. BOUASSE, *Etude des actions photographiques*, *Ann. Fac. Sc. de Toulouse*, VIII F, 26, fig. 42; 1895.

colorations du gaïac, des *thermographies* de HUNT (1), etc. Dans un certain nombre d'expériences spectrales faites sur plaques voilées, où, au lieu du faux maximum rouge dont nous avons déjà parlé, se voyait une pseudo « destruction », tandis qu'apparaissait normal le reste du spectre, il ne semblait pas que pût être appliquée toujours l'explication du surdéveloppement qui, avant d'inverser les parties très posées (soit, ici, le côté violet), commence par retourner en positif les moins venues, soit l'extrémité rouge. Tandis qu'il pouvait sembler naturel que, le voilage ayant été juste tel que la plaque, développée sans nouvelle impression, demeurât presque blanche, mais un peu en deçà du minimum absolu, l'adjonction de la très faible valeur du rouge eût suffi tout juste à l'y amener, tandis que l'action du violet, poussant au delà, aurait fait remonter la courbe.

Pour les « destructions » de phosphorescence, si l'on veut y regarder de près, sans les mettre à part de la loi générale, il ne semble guère qu'il puisse y avoir d'autre explication plausible, puisque, après le voilage préalable, aucune action n'intervient ici qui puisse équivaloir à celle du développement.

D'ailleurs il y avait, dans la littérature ancienne, des exemples de retour au négatif après la phase de solarisation. ABNEY (2) dit que C. Bennett, opérant sur gélatinobromure humide, aurait obtenu, suivant que les poses s'allongeaient, de quelques secondes au delà d'une minute, un négatif d'abord, puis un positif, puis encore un négatif et de nouveau un positif. Il est vrai que tout donne à croire, dans les explications fournies, que le second négatif n'était que la fixation prématurée du négatif direct, visible sur le bromure avant développement, et que le deuxième positif (auquel aucun autre expérimentateur n'a pu encore atteindre authentiquement) n'était que la répétition du premier, c'est-à-dire l'inversion, par développement normal, de l'image négative directement visible à sec.

A prendre à la lettre une indication de H. REEB (3), il semblerait qu'il eût observé un exemple caractérisé de remontée au noir après chute au zéro. Mais à regarder de près, on ne sait plus si c'est attribuable à la simple surexposition, à un phénomène de halo, ou de simple silhouettage, dont nous aurons à nous occuper ultérieurement. D'ailleurs la fatale amphibologie à laquelle prête, en dehors du sens algébrique, l'emploi des mots *positif*, *négatif* (4) fait qu'on ne sait jamais, avec la langue photographique usuelle, à quoi s'en tenir.

(1) R. HUNT, On thermography or the art of copying Engravings from Paper on Metal; and the recent discovery of Moser, relative to the formation of images in the Dark. *Phil. Mag.*, XXI, 462-8; 1843. — E. KNORR, Darstellung von Wärmebildern, *Pogg. Ann. Phys.*, LVIII, 320; 1843.

(2) Cap. ABNEY, On the Reversal of the Developed Photographic Image, *Philosophical Magazine* (5), X, 204; 1880, d'après *The Brit. Journ. of Photography*, 1878.

(3) H. REEB, Contretypes par surexposition, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XVIII, 431; 1902.

(4) H. REEB appelle *image positive* (parce que, sans doute, obtenue au châssis dit positif) la tache noire donnée sur le gélatino-bromure par le trou d'une cache, employée, apparemment, comme *négatif*. Comme si le mot de *positif* ne devrait pas être toujours exclusivement réservé, indépendamment du procédé d'obtention, pour l'image où les valeurs sont les mêmes que dans le modèle, blanc pour blanc, noir pour noir ! Le *cliché* des professionnels — le phototype — est justement appelé un *négatif* et son épreuve (le photogramme) une *positive*; mais c'est précisément parce que celle-ci est le négatif d'un négatif, et point parce qu'elle a été obtenue de telle ou telle façon. C'est pour éviter ces perpétuelles incertitudes que J.-C. CHAI-



C'est grâce à cette incertitude que je n'avais pas été frappé de l'importance d'un document inédit que j'avais eu anciennement entre les mains, de Ed. STEHELIN SCHEURER, qui, dans des *Notes sur les contretypes photographiques* présentées à la *Société industrielle de Mulhouse* en novembre 1901, signalait qu'il suffisait, avec plaques Saint-Clair, de poser quelques secondes, 30 à 60 au plus par les temps de pluie les plus sombres (1), 2 à 3 minutes à la lumière oxhydrique, 2 secondes à peine au grand soleil (sans qu'il y ait cependant de changement jusqu'à 3 minutes dans le premier cas, 30 dans le second et 5 dans le troisième), pour obtenir un bon *contretype*, positif d'un négatif, c'est-à-dire négatif simplement *retourné* (2). Données qui, dans ce qu'elles ont de vague, vu le manque de définition de la lumière du ciel et l'absence d'indications de distance et d'intensité photogénique pour la lumière oxhydrique, cadrent assez avec celles de H. REEB, guère plus précises sous leur apparence de rigueur. Mais ce qu'il y a d'intéressant, c'est que l'auteur, ayant poussé beaucoup plus loin ses essais, remarqua qu'au delà de 5 minutes d'exposition au soleil, il y avait *retour progressif à l'impression normale* : pour 60 heures de plein soleil, le négatif du cliché-type était de nouveau franc ; puis de 75 à 350 heures, il n'y avait plus d'autre inversion.

N'est-ce pas aussi une observation de pratique courante que, si un cliché solarisé n'est pas retiré du bain au moment précis de l'éclaircissement complet des noirs, ceux-ci *repartent*, pour se confondre tous à la longue, dans un voile opaque, le troisième *état neutre* (deuxième noir) de JANSSEN ?

**Confirmation positive.** — Sauf ce cas, aucun observateur ne paraît avoir atteint sûrement ce deuxième maximum, et l'on peut se demander de quoi s'est autorisé VOGEL, si ce n'est d'une simple présomption, pour le dépasser, redescendre à un deuxième minimum et remonter même encore une fois. Non que ce ne soit assez vraisemblable (3), ou qu'on ne puisse augurer que, sur le long intervalle de 60 à 350 heures de grand soleil, quelque changement de sens n'ait pu échapper à STEHELIN-SCHEURER, comme avait échappé à A. et L. LUMIÈRE le relèvement, bien vu par celui-là. Même on pourrait se demander si, avec une action lumineuse aussi

GNEAU (Essai théorique et expérimental sur les vibrations digitales, *L'Humanité intégrale*, II, 199; 1897) avait imaginé les mots *luminoïde* et *obscurioïde*, qui, effectivement, suppriment toute confusion... tant qu'on ne sort pas du domaine courant pour entrer dans celui de l'inversion.

(1) E. AUDRA (*Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), III, 33; 1887) ayant signalé des obtentions de contretypes par l'action prolongée de la lumière, BUCQUOY assura qu'avec glaces rapides Stebbing, 15 à 30 secondes d'exposition au grand jour lui avaient constamment donné des contretypes ne différant guère des originaux. M. BOISTON, lui, n'a jamais pu obtenir quelque chose de réellement semblable ; toujours il y avait infériorité notable.

(2) Le mot *retournement* devrait être réservé à l'intervention symétrique des positions, comme celui d'*inversion* à la substitution réciproque du noir au blanc.

(3) Postérieurement à la rédaction de ces lignes, nous avons réussi, par deux fois, à atteindre le deuxième maximum et à le dépasser même franchement. Nous attendons cependant des résultats encore plus décisifs pour en publier le détail.



intense, les changements de signe de la dérivée, au lieu de s'écarter ne se resserraient pas, au point de rendre difficiles à saisir les alternances (1).

C'est surtout à cause de ce doute qu'il m'a paru nécessaire d'instituer des expériences sous caches fixes à échelons d'épaisseurs graduées, donnant toujours une série complète de valeurs à partir du voisinage de l'impression nulle jusqu'à celle d'impression maximale. Pour cette dernière, les circonstances météorologiques (juin 1905) ne m'ont pas encore permis d'atteindre les grandes limites désirées, et je suis resté encore en deçà du deuxième maximum. Mais j'en ai approché et tous mes essais m'ont confirmé l'existence certaine de la branche remontante de la courbe, après la chute, d'un premier maximum à un minimum très voisin du zéro, ou du moins du minimum de départ.

La légende des figures de la planche III (n° de juillet) est assez détaillée pour me dispenser d'autres explications. J'ajouterai seulement qu'il m'a paru nécessaire de rejeter absolument l'emploi des pellicules orthochromatisées, comme, par exemple, les Eastmann Kodak ou Kodoïd, qui donnent (du moins ces dernières) dans le spectre normal deux maxima et agissent plutôt comme si elles devaient à une sorte de voilage préventif qu'à une absorption sélective de certaines radiations leur excès de sensibilité. L'enchevêtrement des courbes du noircissement relatives aux radiations élémentaires a pour effet d'amener des états de grisaillement, au milieu desquels disparaissent toutes les nuances et les avantages d'une sensibilité exaltée pour les sous-expositions.

Quant aux surexpositions, il n'est pas possible d'en faire sans voir apparaître, à la limite des plages fortement contrastées, des lisérés, distincts des auréolements dits de *halo*, mais que nous verrons bientôt tenir à la même cause : l'*irradiation*. Par l'étude spéciale que nous en ferons ultérieurement, sous le nom plus ou moins propre de *silhouettage*, qui leur a été donné d'après les premiers cas particuliers observés, nous montrerons comment un usage rationnel de nos diagrammes, malgré tous leurs défauts, a permis, d'abord, de trouver l'explication de singularités jusque-là inexpliquées (2), puis une confirmation d'une ancienne étude,

(1) Ne serait-ce point là le secret de l'apparente indifférence de certaines substances à l'action lumineuse, puisqu'il semble bien résulter des nombreuses recherches, qui ont suivi celles de GUSTAVE LE BON (*C. R. Ac. Sc.*, CXXIV, 892; 1897), que sur tous les corps, sans exception, la lumière produit une ionisation analogue à celle qui existe à l'état exalté dans le radium ? L'apparente insensibilité de la majorité des corps à la lumière ne pourrait-elle tenir à ce que la courbe d'action, au lieu d'être simplement très déprimée, à peine séparée de l'axe des  $x$ , aurait plutôt des ondulations tellement rapprochées les unes des autres qu'elles se confondraient en une bande plus ou moins large, symbolisant la *couleur* de ces corps ?

(2) Il y a peu de temps que P. VILLARD présentait à l'Académie des Sciences (Sur le silhouettage photographique, *C. R. Ac. Sc.*, CXL, 185; 20 mars 1905), à titre de simple singularité et sans en vouloir donner aucune explication, ni même, disait-il, en connaître les conditions précises, mais seulement pour l'opposer à mes propres explications, un cas de ce genre, dont une simple application judicieuse de mon diagramme eût immédiatement fait comprendre les conditions et fourni une explication élémentaire (A. GUÉBARD, Sur l'identité de cause du silhouettage noir et du silhouettage blanc, *C. R. Ac. Sc.*, CXL, 15 mai 1905). Nous verrons de même comment se résolvent ainsi maintes singularités de la spectroscopie photographique, qui, surtout en astronomie, égarent encore les meilleurs observateurs.

demeurée incomplétée, d'ABNEY, sur l'irradiation, puis enfin, par réciprocité, une confirmation de leur propre validité, et bientôt de leur utilité comme contrôle dans les recherches plus générales relatives aux au-delà de la fonction photographique elle-même.

**Conclusion.** — Si notre étude, née de l'observation fortuite d'un cas d'inversion non encore signalé, nous a conduit, d'une manière plus générale, à examiner l'inversion sous toutes ses formes, cet examen lui-même nous a mené beaucoup plus loin (1), en nous faisant apercevoir là un simple cas particulier de la loi fondamentale de la fonction photographique, simple cas particulier, elle-même, de la loi de toutes les formes d'action de toutes les espèces de radiations sur toutes les sortes de surfaces : loi connue anciennement dans tous ses grands traits, mais jamais encore formellement promulguée, ni mise à sa vraie place, au-dessus et non au milieu du chaos des faits expérimentaux. En nous efforçant de la faire reconnaître, et en lui donnant un commencement de complément vers l'une de ses extrémités, nous avons voulu montrer surtout ce qui restait à faire : prendre une à une, et non toutes à la fois, chacune des multiples variables du problème, en réduisant, dans chaque série d'expériences, au rôle de constantes mesurables, tous les facteurs habituellement laissés indéterminés : aussi bien le facteur physique, dont des variations infinitésimales peuvent changer les résultats du tout au tout, que le facteur chimique, qui joue souvent, au point de vue énergétique, un grand rôle, mais qui devra toujours être considéré principalement à ce point de vue-là, plutôt qu'à celui des spécificités, ou des vertus plus ou moins magiques de telles ou telles conjonctions moléculaires.

Qu'il s'agisse en effet de l'intervention de l'agent lumineux ou des affinités chimiques, tout semble se réduire à des modifications orbitaires de la gravitation intra-particulaire (2), et à des perturbations du microcosme atomique, pouvant aller jusqu'à des dislocations ou échappées cométaires, suivies de captations par des centres d'attraction voisins. Sans doute arrivera-t-on, suivant les vues divinatoires de Nicéphore Niepce, à trouver, dans le développement des théories récentes sur les émanations diverses, qu'il semble indiqué d'englober sous le nom de *radiances*, le secret intime, qui échappe encore, de l'acte photographique, et la justification des prévisions de certains esprits exceptionnellement clairvoyants, qui, depuis les images de Moser, ont instinctivement pressenti que tout cela finalement se rattache ensemble à ce que, dans le nouveau langage, on appelle l'*ionisation*.

(1) Malheureusement d'autres obligations, devenues absolument impérieuses, nous rappellent à des travaux différents, et nous aurions tous nos vœux comblés si ces notes pouvaient provoquer des recherches plus complètes et mener à la solution des derniers problèmes, non les moins importants, qui restent ouverts.

(2) A. DE LA BAUME PLUVINEL (Le Temps de pose, in-18 de 120 p., GAUTHIER VILLARS, 1890, p. 136) résume de manière analogue la conception des « partisans de la théorie dynamique ». Pour G. QUINCKE (Die Bedeutung der Oberflächenspannung für die Photographie mit Bromsilbergelatine u. eine neue Wirkung des Lichtes, *Drude's Ann. de Phys.*, XI, 1100-21 ; 1903) l'action de la lumière n'est qu'un effet de résonance, d'autant plus intense que l'amplitude d'oscillation des particules est plus grande et leur masse plus petite.

Qui sait, même, si ce ne sera point par notre courbe fonctionnelle que s'établira le lien définitif de toutes les modalités nouvelles de rayons, radiations et *radiances*, dont chaque jour amène la découverte? Il suffit de la compléter, comme dans la figure ci-dessous (fig. 9), par l'adjonction de quelques lettres pour donner corps et, même, tournure de vraisemblance, à l'hypothèse que nous émettions en une brève note (t. II, p. 101), de la sériation en ligne droite des modalités d'énergie productrices de la courbe photographique, commençant par l'infrarouge pour dépasser l'ultraviolet, et, par les rayons X (1), tendre vers un infini encore mystérieux.

Il est vrai que si maintes observations récentes semblent de plus en plus autoriser, dans l'un et l'autre sens, ces prolongations hypothétiques, celles-ci sont bien

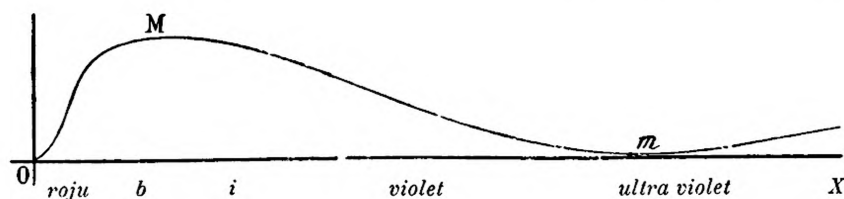


Fig. 9.

faites, par leurs conséquences, pour effrayer même ces excellents photographes qui, pour *augmenter* l'intensité des grandes lumières sur leurs phototypes, trouvent tout naturel de *diminuer* la pose ou l'énergie du bain (2), tout comme, au grand jour, de cligner les yeux pour y mieux voir.

Les rayons X sont-ils donc si bien connus, qu'on ne puisse se risquer à chercher ce que, suffisamment atténués, ils deviendraient? L'ultraviolet a-t-il jamais reçu, à travers nos objectifs, un si bon accueil, qu'on n'en puisse espérer, photographiquement, quelques services nouveaux (3)?

(1) A. et L. LUMIÈRE, Recherches photographiques sur les rayons X, *C. R. Ac. Sc.*, CXXII, 382; 1896. — G. JOHNSTONE STONEY, Evidence that Röntgen Rays are ordinary Light, *Phil. mag.* (5), LXV, 532; 1898, etc.

(2) Dès 1881, A. CORNU (Sur l'absorption atmosphérique des radiations ultra violettes *Journ. de Phys.* (1), X, 1-17; 1881) reconnaissait qu'avec l'ultra violet il était tout à fait inutile d'allonger la pose pour augmenter l'effet. V. SCHUMANN (Ueb. d. Phot. der Lichtstrahlen Kleinster Wellenlängen, *Sitzsb. K. Ak. d. Wiss. in Wien*, CII (II a), 430-75, 625-94; 1893, Ueb. ein neues Verfahren z. Herstell. ultraviolett empfindlicher Platten, *Id.*, p. 394-1024) après avoir supprimé les milieux absorbants qui empêchaient l'extrémité la plus réfrangible du spectre d'arriver à la substance impressionnable, n'est arrivé à obtenir de bonnes images qu'en réduisant au minimum la sensibilité de la surface et l'énergie du développeur. Quoiqu'il soit parti d'un point de vue tout à fait différent pour arriver à ses magnifiques découvertes, toutes les circonstances expérimentales nous incitent à présumer que c'est dans le domaine de la deuxième et non de la première partie de la courbe énergétique qu'a été placé si fructueusement son terrain opératoire. Certes ce ne sont là que présomptions; mais plus il nous passe de faits sous les yeux et plus s'en accentue pour nous la vraisemblance.

(3) N'est-ce point grâce à l'emploi d'un objectif monochromatisé pour le violet que J. JANSSEN pouvait présenter à l'Académie des Sciences (Atlas de Photographies solaires exécutées à l'observatoire de Meudon, *C. R. Ac. Sc.*, CXXXVIII, 241; 1904) des images obtenues en

Si utopiques et irréalisables que puissent paraître de telles déductions, de prémisses que tout semble, au contraire, corroborer; quelque illusoire que puisse être jugée la solution invraisemblablement pratique qui en sortirait, pour le problème des grandes instantanéités; ne vaudrait-il pas mieux en tenter le contrôle expérimental que de les traiter par le mépris ou la prétériton? C'est pourquoi, sans m'en dissimuler aucunement la témérité, tout au moins prématurée, je n'hésite pas à les livrer à la critique des physiciens qui auraient le moyen, à ma place, de les faire passer sous les fourches caudines de l'expérimentation.

## POST-SCRIPTUM

**Recherches chimiques de Lüppo-Cramer.** — Ayant eu connaissance tardivement d'une série d'expériences extrêmement remarquables de LÜPPO-CRAMER (Neue Untersuchungen zur Theorie der photographischen Vorgänge, *Phot. Correspondenz*, 1902 à 1904), j'y ai trouvé un tel argument à l'appui des vues synergétiques que je m'efforce de faire prévaloir, que je ne saurais résister au plaisir de leur demander le concours de leur éloquence chimique, en même temps que de leur apporter, de mon côté, le lien qui faisait défaut et la conclusion encore absente.

Dans la plupart de ces intéressantes études (1), a été mise en relief, jusque dans les effets d'inversion les plus extrêmes, l'identité de l'action d'un grand nombre d'agents chimiques (peroxyde d'hydrogène, eau bromée, eau chlorée, persulfate d'ammoniaque, acides azotique, sulfurique, chlorhydrique, acétique, carbonique, etc.) avec celle de l'agent physique ordinaire : lumière, auxilié par divers révélateurs. Tous ces agents, après avoir produit, *sans aucune intervention de la lumière*, le rapide développement du « voile chimique » jusqu'à une opacité

1/3000 de seconde, avec une netteté inconnue? A regarder les courbes publiées dans la *Revue des Sciences*, t. I, p. 254, par lesquelles CHAPMAN JONES a eu la singulière idée de rapporter les actions de chacun des éléments de la triade vert, rouge et blanc, à celle de l'ultraviolet prise pour axe des  $x$ , il semble bien évident que cette dernière correspond à la deuxième partie de notre courbe schématique (fig. 2) et point à la première. R. W. WOOD (On screens transparent only to ultraviolet light and their use in spectrum photography, *The Astrophysical Journal*, XVII, 133-40, 1903) fait cette remarque que l'ultraviolet, qui donne d'excellentes images de notre pâle satellite, supprime, dans les vues terrestres, tous les contrastes d'ombre et de lumière, en ne laissant distinguer à peine (évidemment par l'image de second ordre, au milieu de l'effacement général) que les objets les plus vivement éclairés en blanc. D'autre part, D. TOMMASI (De l'effluviographie ou l'obtention des images par les effluves, *C. R. Ac. Sc.*, CII, 677; 1886) avait, longtemps avant que Röntgen annonçât les propriétés photographiques des rayons X, obtenu les mêmes résultats avec le simple effluve obscur de la machine de Holz, en assurant que « l'effluve obscur produit les mêmes résultats que les rayons ultraviolets. »

(1) LÜPPO-CRAMER, Neue Untersuchungen zur Theorie der phot. Vorgänge, I, Ueber das latente Bild u. d. sogenannten chemischen Schleier. *Phot. Correspondenz*, XXXIX, 683; 1902. II, Nachträge z. meinen Untersuch. üb. die Wirkung des  $\text{H}_2\text{O}_2$  auf die Bromsilbergelatine. *Id.*, XXXIX, 690; 1902, IV, Zum Räthsel der Solarisation, *Id.*, 695; 1902, XXIV, Einige Bemerkungen üb. die phot. Reaktion des Wasserstoffsuperoxyd, *Id.*, XL, 670; 1903; etc.



complète, agissent bientôt en sens contraire, pour ramener une transparence, que la qualification de « Glasklarheit » permet d'assimiler, comme nous n'avions pas encore osé le faire, malgré maintes présomptions, avec un retour complet au zéro du noircissement, c'est-à-dire avec le contact absolu de la courbe avec l'axe des  $x$ , au delà duquel, soit par la prolongation de l'action chimique elle-même (1), soit par une intervention de la lumière sur la plaque lavée, séchée, — et regardée, dès lors, suivant le dire de certains auteurs, comme « régénérée », quoique infiniment moins sensible qu'au départ, — le noircissement de second ordre se reproduit, bien moins rapide que le premier, et correspondant, sans aucun doute possible, à la seconde, et non à la première ascension de notre courbe fonctionnelle. Et le phénomène est, ici, tellement net, qu'on peut se demander s'il n'y aurait pas là le plus simple moyen pour aller plus loin et atteindre enfin au second minimum, figuré par VOGEL, et que quelques-unes de nos propres expériences, spécialement dirigées vers sa vérification, paraissent avoir approché.

LÜPPO-CRAMER rapporte qu'ayant exposé au jour pendant 10 minutes, sous un négatif, une plaque, d'abord voilée, puis dévoilée par l'eau oxygénée, il y a vu se produire, comme sur une plaque normale, « l'image de solarisation », c'est-à-dire le noircissement directement visible. Il serait très intéressant de savoir si une image obtenue dans ces conditions, puis poussée, soit par développement, soit par une reprise d'action de l'eau oxygénée, ne s'inverserait point d'abord avant de s'effacer de nouveau. Ce serait alors la constatation de la deuxième descente et du deuxième minimum, au delà desquels il n'y aurait plus guère de motif pour ne pas en admettre, donéavant, une série d'autres.

Dans toutes les réactions citées, le rôle, soit de la sensibilité des plaques, soit de l'énergie de certains révélateurs, se manifeste exactement dans le même sens que, dans l'impressionnement ordinaire, celui de la lumière seule : mieux que cela, on peut fractionner, intervertir, combiner les rôles, achever par l'agent chimique l'action commencée par l'agent physique, ou *vice versa*, remplacer les rayons lumineux par les rayons X, etc., etc. L'identification énergétique émane avec une telle force de chacun des détails de ces expériences variées, qu'il a fallu la véritable hypnotisation de la recherche des différenciations chimiques et la suggestion de l'éternelle casuistique sur la nature « physique ou chimique » de « l'image latente », pour empêcher la plus claire des évidences d'apparaître aux yeux de tant d'observateurs remarquablement ingénieux. LÜPPO-CRAMER, d'ailleurs (et c'est déjà, venant d'un si parfait chimiste, un grand pas) ne cesse de faire ressortir, à la fois, l'inutilité et l'insuffisance de l'hypothèse d'un changement *chimique* de la substance sensible (2), changement qu'il serait vraiment difficile d'invoquer pour les

(1) Pourvu que cette prolongation soit suffisante pour franchir la très longue durée de ce contact : le zéro, par exemple, c'est-à-dire le blanchiment de la plaque, étant atteint en 2 heures dans l'eau bromée à 3 0/0, il persévère pendant très longtemps et ce n'est qu'après 4 à 5 jours qu'on voit reparaitre un commencement de noircissement.

(2) LÜPPO-CRAMER, Anwendung der Photobromidreaction auf das normale latente Bild; eine Stütze der Molecularstruktur-Theorie. *Phot. Corr.*, XXXIX, 700; 1902.



nombreux exemples de modifications de surfaces de corps simples, à l'état solide, sous l'action de la lumière, telles que celles du soufre insolé, des métaux ionisés, des poudres décohérees, etc., — toutes modifications que rien pourtant n'autorise à distinguer du cas particulier de la photographie, puisque toutes obéissent à la même loi de l'inversion et sont schématisées par la même courbe.

Mais, sur l'interprétation des faits, il nous semble bien qu'à la suite d'ABNEY (1), l'auteur est tombé dans le même abus de langage qui fait souvent traiter la solarisation elle-même de « destruction ». En effet, si l'on examine un à un tous les agents soi-disant « destructeurs » ou inhibiteurs de la solarisation (2), l'on reconnaît, dans tous, de puissants agents de solarisation eux-mêmes, capables, tout seuls, sans presque rien demander à la lumière, de faire passer la substance sensible par toutes les phases, d'abord ascendante, puis descendante, de sa modification. Si donc on les fait intervenir au moment où la principale phase de cette modification a déjà été opérée, ou va être opérée, par l'énergie de quelque autre agent, la leur, qui, naturellement, serait dirigée dans le même sens, ne peut ni faire frein, ni provoquer un recul, mais seulement pousser l'action au delà de son long point mort, de quasi-tangence à l'axe, sur la nouvelle branche ascendante, beaucoup moins rapide que la première, c'est-à-dire où, à des impressions nouvelles correspondent des noircissements beaucoup moins intenses, et où chaque granule d'argent, après avoir parcouru un cycle complet de sa modification encore mystérieuse, peut bien présenter, à l'inspection microscopique, le même aspect, mais avec une architecture interne (ou tout au moins une potentialité), presque sûrement différentes et beaucoup plus résistantes aux incitus extérieurs.

Nous croyons donc que, partout où semble apparaître une *destruction* de la solarisation, c'est au contraire, une *continuation*, un parachèvement, qui a lieu, et que là est, sans qu'il soit besoin de faire intervenir la théorie à la mode, des émanations, la vraie solution de toutes les singularités (3) qui font demeurer incertain, devant ce qu'il appelle « l'énigme de la solarisation » (4) un auteur aussi expert.

Cela ressort encore plus nettement de la curieuse série d'expériences (5) sur la baisse (*Abklingen*) de l'image, latente ou visible, sous l'influence soit du temps, soit de divers réactifs « sensibilisateurs ». Car, de toutes celles de ces observations où interviennent des actions chimiques plus ou moins complexes, est

(1) W. ABNEY, On the Reversal of the Developed Photographic Image, *Phil. Mag.* (5), X, 200-208; 1880. — *Phot. Corr.*, XLI, 65; 1904.

(2) LÜPPO-CRAMER, Neue Untersuchungen zur Theorie der photographischen Vorgänge, XLIII, Verhinderung u. Aufhebung der Solarisation, *Phot. Correspondenz*, XLII, 238; 1903.

(3) Dans sa XXIV<sup>e</sup> étude, (Einige Bemerkungen üb. die phot. Reaktion des Wasserstoffsuperoxyd, *Phot. Corr.*, XL, 670; 1903) l'auteur s'étonne que l'eau bromée tantôt voile, tantôt dévoile les plaques suivant leur nature. Il est évident que tout dépend de la somme des énergies en jeu, c'est-à-dire du point de la courbe où est amenée la plaque, avant ou après le minimum.

(4) LÜPPO-CRAMER, Neue Untersuchungen. IV. Zum Räthsel der Solarisation. *Phot. Corr.*, XXXIX, 694; 1902.

(5) LÜPPO-CRAMER, Neue Untersuchungen. XII, XIII. Ueber das Abklingen der Lichtwirkung, *Photographische Correspondenz*, XV, 614; 1903.

résultée, pour nous, cette impression formelle, que, bien loin qu'il s'agisse d'un « retour », c'est-à-dire d'une régression vers le zéro de départ, c'est au contraire par *progression*, soit spontanée pendant le repos apparent, soit provoquée sous diverses excitations, que la substance sensible, achevant, une fois noircie, de parcourir la courbe fonctionnelle, retombe à un zéro, fort différent du premier, et correspondant au second contact, presque tangentiel, avec l'axe des  $x$ , c'est-à-dire à une forme nouvelle de sensibilité, fort émoussée.

C'est surtout pour les iodures, et spécialement pour celui de mercure, que cela paraît évident, car aucune autre explication ne semble pouvoir s'adapter à cette remarque (1) qu'une plaque à l'iodure de mercure, sensibilisée au nitrite à 1 %, et exposée sous un négatif jusqu'à légère apparition de l'image directement visible, mise au bain de métol-soude, montra d'abord une disparition de l'image, puis, en quelques secondes, un nouveau développement.

Toute la complexité problématique de ces expériences fait place à la lucidité la plus parfaite, pour peu que, dans chaque cas, l'on procède rationnellement au relevé sommatore de tous les facteurs variés d'énergie susceptibles d'avoir agi sur la substance en jeu, depuis les plus anodins (comme la simple action du temps, ou celle de l'eau pure, qui peuvent n'être pas nulles), jusqu'aux plus violents (comme la « révélation physique », c'est-à-dire l'immédiat apport de métal atomisé à l'état naissant), pourvu qu'avant de faire l'addition, l'on sache attribuer à chacun d'eux son juste coefficient, représentatif de la plus ou moins grande rapidité avec laquelle, agissant seul, il ferait parcourir à la substance sensible la courte montée, d'abord, puis la longue descente, et quelquefois encore la pénible réascension de la courbe, dont l'équation, de forme ondulatoire, mais point cyclique, peut bien ramener des états correspondants, mais jamais absolument identiques, au sens strict du mot.

**Retour automatique.** — Bien différents de ces cas-là seraient ceux des substances qui, modifiées par la lumière, puis abandonnées, seules, dans l'obscurité, reviennent, plus ou moins lumineuses, à leur état primitif. W. MARCKWALD (2) et HEINRICH BILTZ (3) citent un grand nombre de corps, spécialement de la série des Osazones, qui, dans l'obscurité, reprennent leur couleur, altérée par la lumière. Il est vrai qu'un semblable *retour*, ainsi qu'en phosphorescence, s'obtient presque instantanément par le chauffage. Mais nous serions bien surpris que ce deuxième mode de retour par *supplément* d'excitation ramenât réellement un état identique à celui du départ, puisque, même dans les essais relatifs au retour par *suppression* d'excitation, c'est-à-dire par le repos, R. LUTHER (4) ne trouve que très exceptionnellement la réversibilité complète, sans changement d'entropie, et

(1) LÜPPO-CRAMER, Neue Untersuchungen, XXXVII, Weitere Studien üb. das Abklingen der Lichtwirkung u. üb. chemische Sensibilisierung. *Phot. Corr.*, t. XLI, p. 402; 1904.

(2) Ueb Phototropie. *Ztschr. f. physikalische Chemie*, XXX, 140-5; 1899.

(3) H. BILTZ, *Ibid.*, p. 527.

(4) Robert LUTHER, Studien üb. umkehrbare photochemische Prozesse, *Ztschr. f. phys. Chem.*, XXX, 628-680; 1899. — R. LUTHER et FRITZ WEIGERT. Ueb. umkehrbare photochemische Prozesse, *Ztschr., f. phys. Chem.*, LI, 297-328; 1905.

arrive à mettre en doute le caractère cyclique, sans reste, de toutes ces réactions photoélectriques, soit chimiques, comme celles qu'ont étudiées GROVE, BECQUEREL, HANKEL, MICHELIN, GOUY ET RIGOLLOT, MARÉCHAL, G.-C. SCHMIDT, BOSE ET KOCHAN, M. WILDERMANN, etc., soit physiques (changements de conductibilité), étudiés par ARRHENIUS, ROSENTHAL, CUNNINGHAM, REGNER, NICHOLS, MERITT, etc.

D'ailleurs, le caractère exclusivement physique de l'image latente, à la démonstration duquel LÜPPO-CRAMER applique toute sa haute science chimique, ressortait déjà avec une si implacable évidence des expériences de MOSER (1) qu'on a peine à comprendre comment a pu prendre naissance et se perpétuer jusqu'à nos jours la dispute de pure scolastique où s'use encore le plus clair de l'effort scientifique en photographie. Et quant aux vues de synthèse énergétique pour lesquelles nous sommes obligé de lutter aujourd'hui, comment ne se sont-elles pas, dès l'origine, installées en souveraines, après qu'eût été montré (ce que nous avons très facilement vérifié nous-même, dans des conditions de simplicité rudimentaire) que l'image dite daguerrienne s'observe aussi bien en intervertissant l'ordre de l'exposition et de la « sensibilisation », ou en supprimant tout à fait celle-ci, et que toute exagération de l'une quelconque des circonstances intervenantes, impression, sensibilisation, développement, renforcement, aboutissait au même effet d'*inversion*, qui se pouvait manifester, en dehors de toute réaction chimique possible, sur des surfaces chimiquement simples ?

Certes, la modification physique de la molécule peut entraîner, outre des changements d'aptitudes physiques, comme d'attirer ou repousser les vapeurs, de diffuser telle ou telle radiation, etc., des modifications corrélatives de propriétés chimiques ou d'affinités. Mais celles-ci ne sont jamais que la *conséquence* de celles-là, et non leur *cause*; et s'il est possible, par voie exclusivement chimique, ainsi que l'a fait LÜPPO-CRAMER, de produire tout le cycle des modifications qui, habituellement, a pour point de départ l'action de la lumière, cela ne fait qu'élargir le cercle de nos identifications énergétiques, en supprimant la dernière apparence de barrière qui pouvait subsister, par la seule puissance des mots, entre la physique et la chimie, entre la molécule et l'atome.

---

(1) L. MOSER, Ueb. den Process des Sehens u. die Wirkung des Lichts auf alle Körper, *Pogg. Ann. d. Phys.*, LVI, 177-234; 1842. Neue Thatsachen die Wirtz, des Lichts auf alle Körper, des latenten Lichtes, u. d. unsichtbaren Lichtstrahlen betreffend. *Ber. d. Ak. z. Berlin*, 1842, p. 298-303. Einige Bemerkungen üb. d. unsichtbare Licht, *Pogg. Ann. Phys.*, LVI, 569-73; 1842. Ueb. d. Latentwerden des Lichts, *Pogg. Ann. d. Phys.*, LVII, 1-34; 1843. Etc.

## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

---

### *Les cristaux d'amidol, hydroquinone et iconogène.*

Les cristaux de l'amidol, examinés au microscope, laissent voir une formation tout à fait différente de celle des cristaux d'acide pyrogallique, mais ils constituent, sous certaines conditions, des sujets d'étude également remarquables et intéressants. Les cristaux d'amidol doivent être obtenus d'une solution aqueuse, car au contraire de l'acide pyrogallique, l'amidol ne se dissout ni dans l'alcool, ni dans l'éther.

Un dépôt d'acide pyrogallique présente à l'œil nu un groupement régulier et artistique de cristallisations; l'amidol, vu à l'œil nu, se présente sous l'aspect d'un dépôt poussiéreux et il est indispensable d'avoir recours au microscope pour en saisir la beauté.

Les préparations d'amidol destinées à l'examen microscopique doivent être évaporées très rapidement si on veut obtenir les effets les plus variés. L'évaporation lente donne avec l'acide pyrogallique les cristallisations les plus merveilleuses, mais avec l'amidol le dépôt est trop régulier et manque de variété. La première photographie que nous donnons montre quel est le résultat d'une évaporation lente.

Il faut chauffer le verre qui porte la solution d'amidol pour hâter l'évaporation. Si l'on examine alors, à l'aide d'un microscope à faible grossissement, le dépôt formé, on constate qu'il est constitué en grande partie de fragments sans intérêt, mais de ci de là on remarque de magnifiques effets de cristallisation, surtout vers les bords du dépôt. Des cristaux d'amidol donnent de merveilleux résultats avec la lumière polarisée, ils surpassent même l'acide pyrogallique. Le polariscope doit être tourné jusqu'à ce que l'on obtienne un fond noir, ce qui met mieux en relief les couleurs et les formes des cristaux. Les cristaux d'amidol sont en général très transparents et par là même difficiles à photographier.

La reproduction d'une photo-micrographie de cristaux d'amidol constitue un exemple typique de la forme des cristallisations produites par évaporation lente. Les cristaux sont disposés en chaîne sur la plaque: leur formation n'offre pas autrement d'intérêt.

Dans une photographie donnant l'aspect des cristaux d'amidol produits par évaporation rapide de la solution, les cristallisations, au lieu d'être disposées en chaînes, sont distribuées en fleurs de la façon la plus variée et la plus pittoresque. Certaines de ces cristallisations offrent une étrange ressemblance avec les fleurs et les feuilles de certaines plantes.

Dans la photographie de la même préparation, prise à l'extrême bord du dépôt, les cristaux ont formé un groupement magnifique ressemblant à un palmier. La plaque comportait plusieurs dépôts de ce genre, mais celui-ci est le plus frappant et le mieux formé. J'ai laissé subsister les autres cristallisations afin de donner une idée de l'aspect général du dépôt dans cette partie, bien que, en me plaçant au point de vue purement artistique, il eût été préférable de ne reproduire que

le « palmier ». Ce groupe de cristaux donnait des effets remarquables avec la lumière polarisée.

Les cristaux d'un autre type de révélateur énergétique, l'iconogène, ont été examinés par l'auteur, mais les résultats ont été des plus décevants. Une solution d'iconogène ne laisse après évaporation que quelques cristaux isolés sans caractères particuliers et ne donnant rien à la lumière polarisée.

L'hydroquinone produit différentes formes de cristallisations, se distinguant toutes des cristallisations de l'amidol et de l'acide pyrogallique. L'eau, l'éther, les alcools, l'acétone employés comme dissolvants donnent des cristallisations intéressantes et nous reproduisons quelques-unes des plus typiques.

L'éther donne des cristaux allongés et isolés, de dimensions plus considérables dans certaines parties de la préparation.

Avec l'hydroquinone il importe peu que l'évaporation soit rapide ou lente. Il se forme des cristaux étroits, très transparents en forme de bâtons avec des projections de chaque côté; ces projections ou ramifications sont généralement beaucoup plus fortes sur un côté que sur l'autre.

La photo-micrographie de cristallisations formées par l'évaporation d'une dissolution d'hydroquinone dans l'acétone forme un groupe tout à fait différent des exemples cités précédemment. Les cristaux sont formés en masses épaisses et larges au lieu de s'étaler en bâtonnets; mais un ou deux groupes se rapprochent assez de l'aspect des cristaux d'acide pyrogallique. Les cristaux d'hydroquinone polarisent sous toutes leurs formes, mais plus spécialement sous celle que nous venons de mentionner.

J. I. PIGG. F. R. M. S.

(Traduit de *The British Journal of Photography*, 6, mai 1904).

### *La cristallisation sous le microscope.*

La formation et les progrès de ces cristallisations observées sous le microscope constituent un spectacle des plus curieux et des plus intéressants. Avec un peu de peine et en sacrifiant quelques instants, on arrive à suivre la marche de la cristallisation depuis le moment où apparaît le premier point solide jusqu'au moment où l'évaporation est complète dans tout le champ de vue. Il est préférable d'employer pour cela un objectif à faible grossissement (un objectif de 2,3 à 1 in. est ce qui convient le mieux).

L'acide pyrogallique dissous dans l'acétone constitue une solution tout à fait favorable à l'examen de la formation des cristaux. Avec l'eau comme dissolvant, l'évaporation est très lente, à moins que l'on ait eu soin de chauffer le verre au préalable. L'éther s'évapore trop rapidement, et les cristaux commencent à se former aussitôt que la solution est versée sur le verre. L'alcool méthylique donne de bons résultats, mais ne vaut cependant pas l'acétone. Les cristallisations offrent un aspect beaucoup plus varié lorsqu'il est fait usage d'acétone et on peut, avec ce dissolvant, obtenir de merveilleux résultats.

On verse sur une plaque de verre quelques gouttes d'une solution bien concentrée et on l'étend bien uniformément sur la surface du verre: on place ensuite cette préparation sur la table du microscope et on fait la mise au point sur les taches ou repères que peut comporter la préparation: de cette manière on gagnera du temps et on pourra suivre la marche de la cristallisation depuis son point de départ jusqu'à la



fin. Dès qu'un cristal commence à se former, on avance cette partie sous le microscope et on déplace la plaque de verre de façon à suivre l'évaporation. Les cristaux se forment très rapidement et s'étendent en ligne droite dans le champ du microscope. On remarque en règle générale que ces cristallisations ont l'aspect d'une série de coquilles nacrées, les lignes de chaque coquille ayant toutes un centre commun. Le fait caractéristique de ces cristallisations, c'est la régularité de ces radiations. La figure que nous reproduisons en est un exemple frappant. Les lignes s'étendent vers les bords de la plaque et sont disposées à intervalles réguliers comme les rayons d'une roue.

Cette cristallisation est formée par l'évaporation d'une solution de pyro dans l'eau. Avec les solutions alcooliques, le rayonnement n'est pas tout à fait aussi régulier et les lignes sont généralement courbées vers le centre.

Les cristaux se forment parfois en plaques sur différents points du verre, d'autres fois la cristallisation commence au bord de la plaque et gagne rapidement toute la surface en partant d'un seul point.

Un des phénomènes les plus curieux de la cristallisation, c'est cette action rapide qui produit en un rien de temps une cristallisation complète sur une partie de la plaque. Cette cristallisation rapide dépasse fréquemment une autre formation plus lente et isolée, le plus fort l'emporte ici sur le plus faible et la cristallisation rapide poursuit sa marche en dépit de l'obstacle qu'elle rencontre de la part des cristaux à demi formés, son rayonnement continue de s'étendre en ligne droite jusqu'à ce que le phénomène rencontre une autre force égale ou que la cristallisation soit complète jusque sur les bords. Ce phénomène se produit très fréquemment et est des plus faciles à observer avec le microscope.

Il est assez difficile de noter le point de départ de la cristallisation ; mais pour peu que l'on observe un certain nombre de verres portant la même préparation, il s'en trouvera toujours bien deux ou trois qui auront leur centre de cristallisation dans le champ du microscope. Pour observer la formation de la première cristallisation, le verre doit être tenu immobile : on ne tarde pas à apercevoir une tache oblongue autour de laquelle viennent se former rapidement d'autres cristaux.

Il se forme ensuite des lignes droites qui envahissent rapidement le champ de vue : si on les suit, on constate qu'elles continuent généralement de s'étendre en droite ligne jusqu'à ce qu'elles rencontrent une formation du même genre ou qu'elles parviennent au bord de la préparation. Lorsque les cristaux se propagent en ligne droite, on pourrait croire que toute matière insoluble, tout corps étranger qui se trouverait sur le verre, constituerait un centre d'attraction et détournerait la marche de la cristallisation ; il n'en est rien cependant et la cristallisation peut franchir ainsi de sérieux obstacles sans perturbation aucune.

Dans les précédents paragraphes, il n'a été question que de l'acide pyrogallique : j'ai mentionné ce seul produit parce qu'il se trouve dans tous les laboratoires photographiques et parce qu'il est soluble dans tous les alcools et dans l'eau. Il existe cependant bon nombre de produits susceptibles de donner de très beaux effets de cristallisation. Toutes les solutions sucrées forment en cristallisant de magnifiques cristallisations, mais avec le sucre, il est indispensable d'employer le polariscope.

J. I. PIGG. F. R. P. S.

(Traduit de *The British Journal of Photography*, 1<sup>er</sup> avril 1904).

---

***Mécanisme de l'action de diverses substances sur les plaques photographiques.***

L'action de diverses substances (métaux, bois, etc.) sur les émulsions au gélatino-bromure est-elle due à un rayonnement ou à un effet purement chimique ? M. W. MERCKENS ayant fait une étude minutieuse de l'action des métaux purs et à surface bien polie, a constaté que l'action est d'autant plus intense que le métal est plus électro-positif; il en conclut que l'action est due à l'oxygène naissant produit par l'eau oxygénée, la capacité de former de l'eau oxygénée à l'air étant déterminée par la position du métal dans la série de Volta.

(*Annalen der Physik*, note, 1903).

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

---

### *Piles galvaniques produites par l'action de la lumière.*

M. WILDERMAN a constaté qu'il y a une grande variété de piles galvaniques sous l'action de la lumière : constantes, inconstantes, réversibles et irréversibles. La force électro-motrice totale se compose d'une force électro-motrice produite par la lumière à température constante et d'une force électro-motrice thermique, toutes deux proportionnelles à l'intensité de la lumière et de même signe.

La loi de la période d'induction est exprimée par la formule

$$\frac{d\pi}{dt} = c (\pi_o' - \pi) (\pi - \pi_o + k)$$

qui exprime aussi la loi fondamentale des actions photographiques, relation entre la quantité de sels d'argent décomposés et la durée d'exposition.

La période de déduction suit la loi similaire :

$$-\frac{d\pi}{dt} = c' (\pi_o - \pi) (\pi - \pi_o' + k')$$

(Société royale de Londres, 24 novembre 1904).

### *Sur la cause de la période d'induction chimique dans la combinaison, à la lumière, du chlore et de l'hydrogène.*

La période d'induction chimique serait due à la présence d'impuretés, telles que le gaz ammoniac, le gaz sulfureux, susceptibles de réagir sur le chlore : ces réactions à la température ordinaire et dans l'obscurité sont incomplètes tandis que la lumière et la chaleur les éliminent entièrement ; le temps nécessaire à cet éloignement serait précisément la période d'induction.

(L. CHAPMAN et C. H. BURGEN, Société royale de Londres, 26 janvier 1903).

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*



$f = 0,426$ . Amplitude du champ : 26 à 27°.

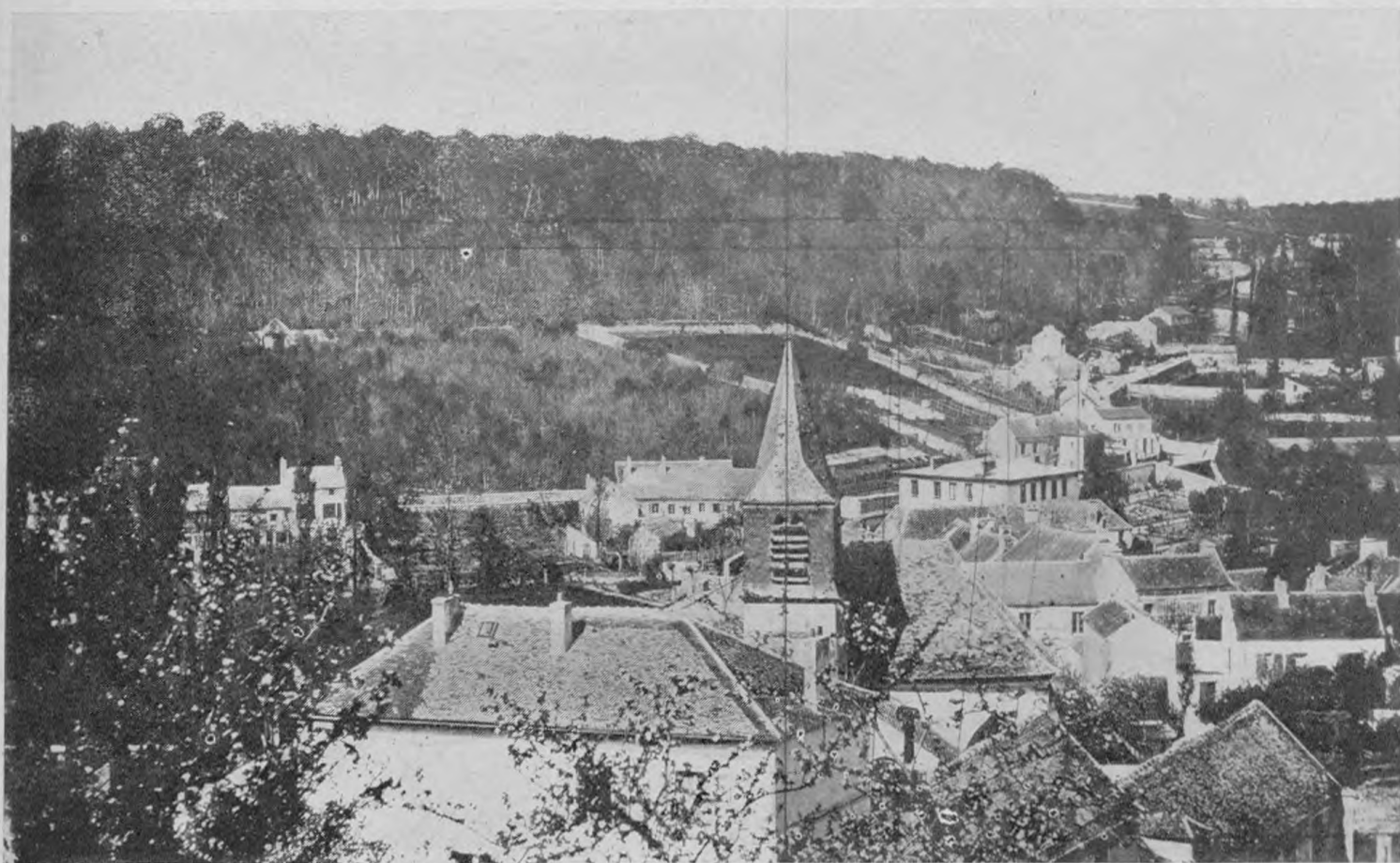


PL. I. — L'une des vues de Paris prises de l'Observatoire de l'Ecole Polytechnique en 1859.

POINTS REMARQUABLES PROJETÉS SUR LA LIGNE D'HORIZON :

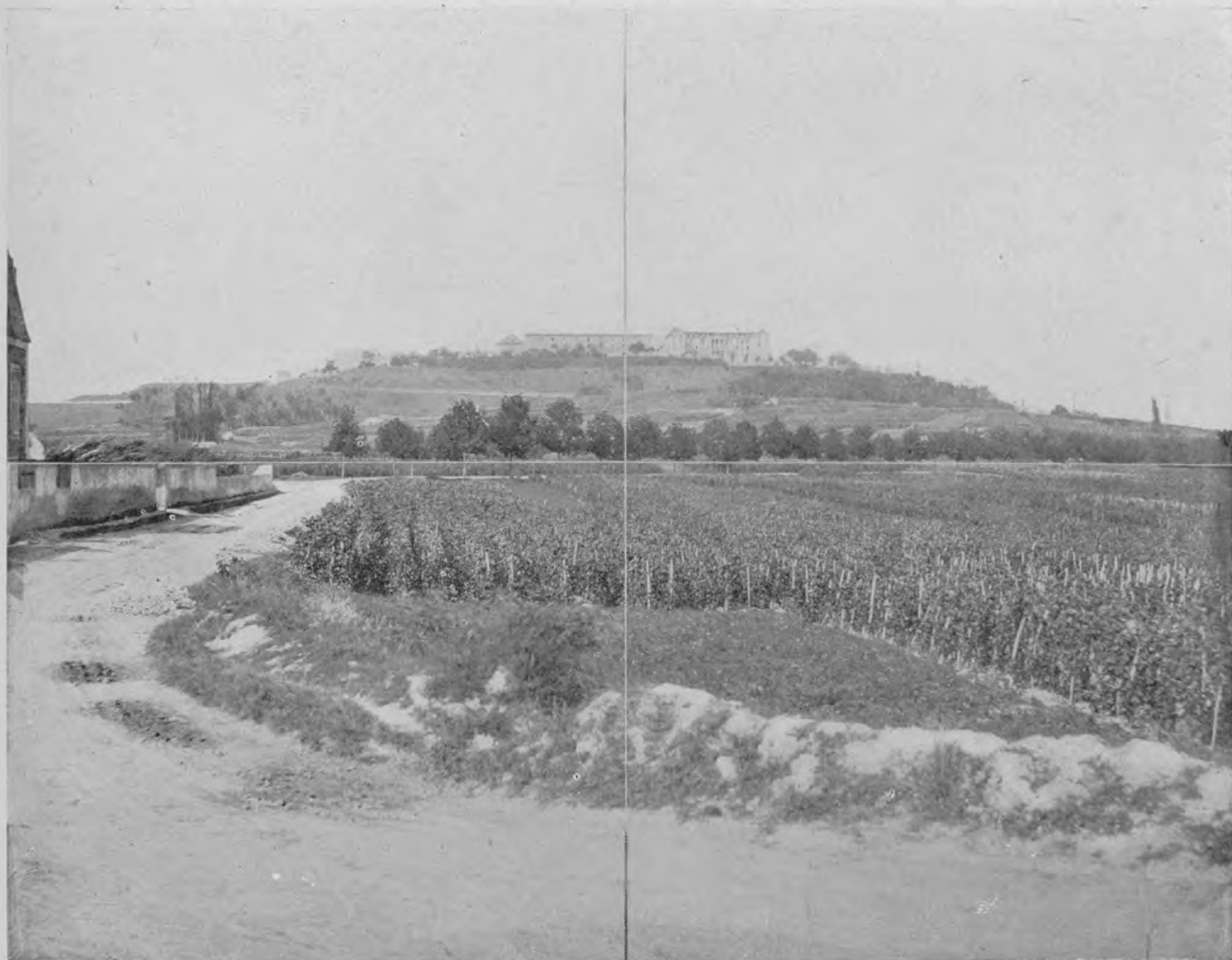
- |   |  |
|---|--|
| 1 Horloge du Palais de Justice.           | 6 Flèche de Notre-Dame.  |
| 2 Clocher de Saint-Eustache.              | 7 Crête de l'Abside de Notre-Dame.   |
| 3 Tour sud de Notre-Dame.                 | 8 Croisée des crêtes de la nef et du transept<br>de Saint-Nicolas-du-Chardonnet. |
| 4 Tour Saint-Jacques.                     | 9 Beffroi de l'Hôtel-de Ville.   |
| 5 Clocher de Saint-Nicolas-du-Chardonnet. |  |





PL. II. — L'une des vues de Buc, près Versailles, prises en 1861, pour la construction du plan de ce village et des environs.

Amplitude du champ : 33°



$f = 0,50$ .

PL. III. — L'une des vues du Mont-Valérien prises en 1861, pour la reconnaissance de cette forteresse à l'occasion d'un simulacre de siège.



# PRATIQUE DE LA MÉTROPHOTOGRAPHIE

ACCOMPAGNÉE D'EXEMPLES ET D'ILLUSTRATIONS PROPRES A EN FAIRE  
APPRÉCIER LES AVANTAGES

Dans la « Notice sommaire » publiée par cette *Revue*, en octobre 1904, nous avons fait connaître les origines de la métrophotographie en indiquant rapidement les principes de cet art. Nous avons dès lors et nous avons encore l'intention de faire parcourir au lecteur les principales phases de son merveilleux développement, et de faire ressortir la part importante qu'y ont prise de savants chercheurs et d'habiles opérateurs, plus nombreux, nous sommes bien obligés de le reconnaître, à l'étranger qu'en France.

Mais on nous demande, de plusieurs côtés, pour ceux qui voudraient pratiquer la méthode, une sorte d'instruction plus abrégée que celle que l'on trouverait dans l'ouvrage que nous avons publié sous le titre de : *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques* (1).

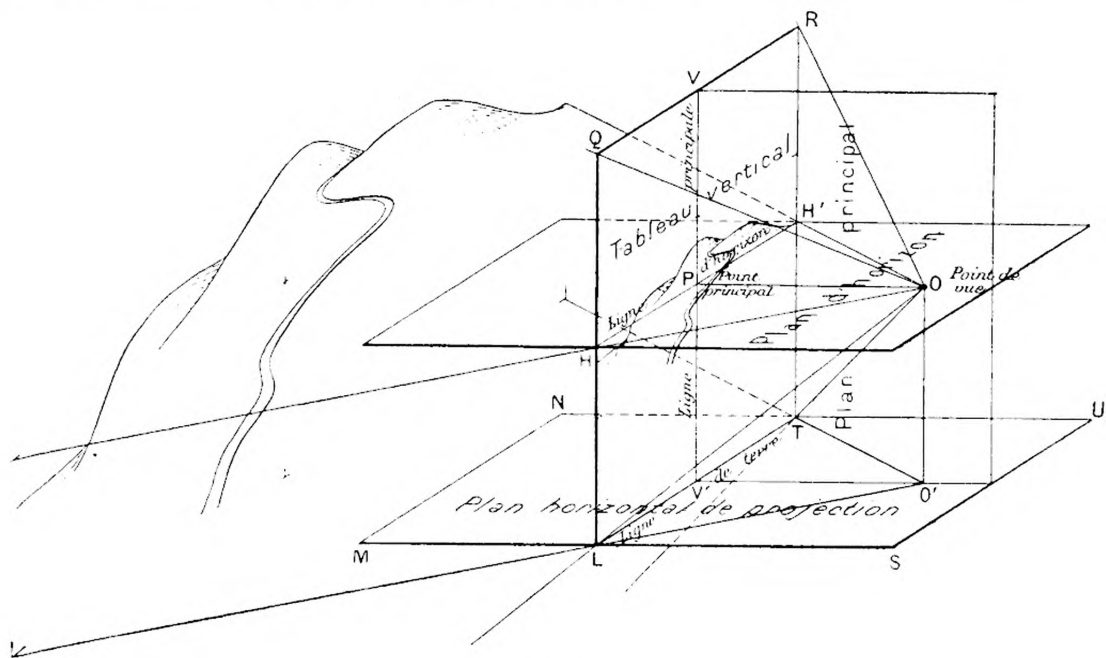


Fig. 4.

Nous avons cru devoir déférer à ce vœu, dans la mesure du possible, en présentant ici le sujet sous la forme la plus concrète, sans cesser de nous préoccuper de notre premier projet qui était de mettre en évidence, à l'aide de nombreuses illustrations, les précieuses propriétés métriques de la photographie et le parti avantageux que l'on a déjà su en tirer dans plusieurs grands pays.

(1) Gauthier-Villars, Paris, 1898-1901-1903.

Nous avons dit dans la « Notice sommaire », à propos des objections faites à l'adoption de notre méthode par des personnes prévenues ou hésitantes qu'il nous semblait inutile de répondre à des critiques si peu fondées qu'elles étaient devenues naturellement inoffensives. Les explications qui vont suivre renferment d'ailleurs les meilleurs arguments à y opposer et certains indices nous portent à croire que cette hostilité est bien près de s'évanouir et à espérer que la force d'inertie qui persiste encore finira elle-même par s'user.

*Petit vocabulaire de la perspectrice conique sur tableau plan.* — Rappelons tout d'abord quelques notions élémentaires concernant la perspectrice conique sur tableau plan vertical à laquelle nous aurons surtout besoin de recourir.

Sur la figure précédente (fig. 4) se trouvent inscrites les désignations des points, lignes et plans que l'on a à considérer dans le cas le plus ordinaire où le tableau qui reçoit l'image de l'édifice ou du paysage devant lequel on est placé est un plan vertical. Cela nous dispense d'en entreprendre la nomenclature et les définitions.

A propos du plan horizontal de projection, on doit se souvenir que les objets naturels, avant d'y être rapportés, sont supposés réduits à l'état de modèles, à une échelle déterminée convenablement choisie.

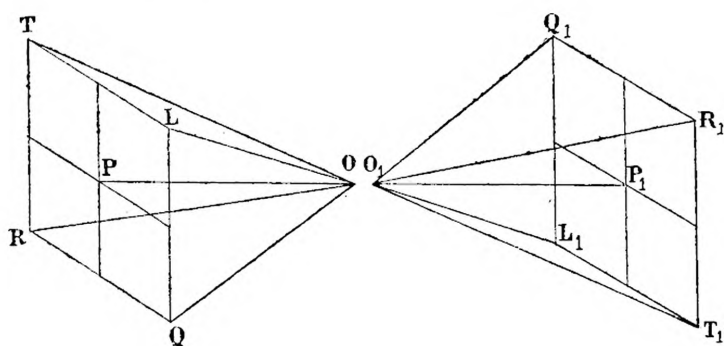


Fig. 5.

Il est évident d'ailleurs que ce plan peut s'étendre bien au delà du parallélogramme par lequel il est figuré; il suffit, pour comprendre la nécessité de l'élargir de plus en plus en avant de la ligne de terre, de considérer l'espace qu'embrasse la pyramide quadrangulaire OLTRQ dont le sommet est au point de vue et dont la base est formée par les quatre côtés du tableau. Ce que l'on appelle habituellement l'*amplitude du champ* est mesuré par l'angle HOH' ou par sa projection LO'T sur le plan horizontal.

L'image d'un monument ou d'un paysage obtenue sur la plaque sensible d'un appareil photographique convenablement disposé n'est autre chose que la perspective de ce monument ou de ce paysage sur un tableau plan vertical qui serait placé devant l'objectif. On sait, en effet, que cette image RQLT est bien la même que celle L<sub>1</sub>T<sub>1</sub>R<sub>1</sub>Q<sub>1</sub> que l'on obtiendrait sur un tableau plan transparent situé en avant du point nodal antérieur O<sub>1</sub> de l'objectif, à la même distance que celle qui

sépare la plaque du point nodal postérieur Q, la première étant seulement renversée par rapport à la seconde, ce qui ne l'empêche pas de lui être identique, superposable. Tant qu'il s'agit d'opérations topographiques, cette dernière quantité OP, distance du point de vue au tableau, est constante et égale à la distance focale principale de l'objectif (1).

*Du rôle de la distance focale.* — Cette quantité joue naturellement un rôle capital dans les opérations graphiques dont nous nous occuperons bientôt et dans toutes celles que l'on peut avoir à effectuer sur les vues photographiées ; il est donc indispensable de la connaître avec précision et nous indiquerons plus loin une méthode simple pour la déterminer au besoin. Nous la supposons connue pour le moment en ajoutant que, pour les applications que nous avons en vue, elle doit être habituellement comprise entre 0<sup>m</sup>20 et 0<sup>m</sup>36, par analogie avec la longueur des lignes de visée de la plupart des instruments, qui correspond d'ailleurs aussi à la distance de la vue distincte ordinaire. Toutefois, pour alléger les appareils, on réduit assez souvent cette distance focale de moitié, sauf à amplifier les clichés avant de s'en servir. Ces limites de 0<sup>m</sup>20 à 0<sup>m</sup>30 n'ont d'ailleurs rien d'absolu et nous verrons qu'elles ont été, dans certains cas, réduites ou dépassées pour différents motifs.

*Axes coordonnés de l'image.* — Dans le plus grand nombre des cas, la plaque

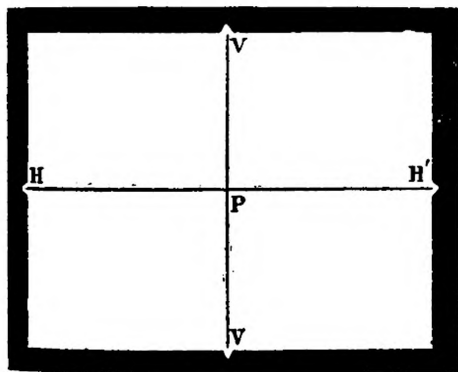


Fig. 6.

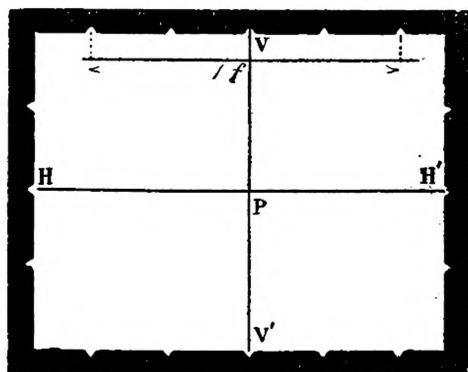


Fig. 7.

sensible est exposée dans un plan vertical et, quand nous nous occuperons des appareils, nous indiquerons les précautions à prendre pour remplir cette condition. Les clichés et les épreuves positives qu'on en peut tirer doivent alors donner spontanément la ligne d'horizon et la ligne principale de la perspective. On a employé, pour cela, tantôt deux fils tendus horizontalement et verticalement sur le fond du bâti de la chambre noire, tantôt un cadre métallique très mince, fixé éga-

(1) Dans le cas des levers d'édifices ou d'espaces très rapprochés : intérieurs de palais ou de grands établissements, halls d'usines, etc., ou d'investigations judiciaires (photographie métrique, il serait avantageux, comme l'a fait M. Bertillon, de remplacer cette distance focale principale par un tirage constant de l'appareil muni à cet effet d'un jeu convenable d'objectifs; autrement, il y a lieu de tenir compte du changement de tirage, c'est-à-dire de la variation de la distance du point de vue au tableau.



lement sur ce bâti, sur les côtés duquel sont pratiquées des entailles. Ce cadre et ces entailles étant en contact avec la plaque se reproduisent sur le cliché et sur les épreuves. Il devient alors facile de tracer sur celles-ci la ligne d'horizon et la ligne principale qui forment les deux axes coordonnés auxquels on rapporte tous les points de l'image. On peut se contenter à la rigueur d'une entaille sur chacun des côtés du cadre (fig. 6), mais il est préférable de les multiplier en les espaçant uniformément et à des intervalles exactement mesurés (fig. 7), ce qui permet de vérifier sur les épreuves positives que l'on emploie, si les manipulations n'ont pas fait jouer le papier et au besoin de faire les corrections nécessaires (1).

*Relevé des angles horizontaux.* — Sur une épreuve qui remplit les conditions précédentes, connaissant la distance focale, rien n'est plus simple que de relever les angles horizontaux compris entre deux points quelconques de l'image et c'est surtout quand on opère sur une vue de paysage, pour construire un plan topographique, que ces éléments deviennent précieux ou pour mieux dire indispensables. Les figures précédentes (fig. 2 et 3 de la notice sommaire) ont déjà servi à donner une idée de l'usage que l'on en peut faire. Il suffit actuellement de se représenter que la distance du point de vue au tableau qui, dans le cas de la fig. 2, relatif à des paysages destinés à la chambre claire, correspondait en effet directement à cette expression, est remplacé sur les vues photographiées par la distance focale de la chambre noire.

Sur les deux vues (Planches I et II) dont l'une se rapporte à l'expérience de détermination de points isolés faite en 1859, à Paris même (pl. I), et l'autre au lever complet du village de Buc et de ses environs en 1861 (pl. II), on peut très bien se rendre compte du nombre considérable de points qui seraient aisément reconnaissables sur des épreuves prises d'autres points de vue et dont les directions par rapport aux stations actuelles se trouvent fixées avec une entière précision, dès que l'on peut compter que les images sont affranchies de la distorsion dans toute leur étendue.

Nous nous sommes contenté de choisir, sur la pl. I, 9 points très remarquables désignés nominativement dans la légende qui y est jointe, pour les projeter sur la ligne d'horizon HH', autour de laquelle on peut concevoir le plan de l'image rabattue sur le plan de l'horizon. Il est facile de se représenter qu'en joignant le point de vue qui se trouverait alors (sur la ligne principale) à une distance de la ligne d'horizon égale à la distance focale, de l'appareil qui était dans ce cas de 0<sup>m</sup>426 aux pieds des lignes projetantes des points considérés de cette vue de Paris (2), on obtiendrait immédiatement les angles des rayons visuels dirigés sur ces points réduits à l'horizon. Or ces angles sont les mêmes que ceux que l'on obtiendrait

(1) Sur les épreuves des opérateurs canadiens dont nous ferons connaître plus tard les beaux travaux, on a pris pour intervalle des encoches extrêmes du grand côté du cadre (fig. 7) la distance focale de l'objectif qui a servi à les obtenir. C'est une idée à la fois très simple et très utile.

(2) Se reporter au besoin aux figures 2 et 3. On ne pouvait pas, dans le format du texte, faire tenir la vue de Paris en rabattement sur le plan de l'horizon et le point de vue à la distance de 0<sup>m</sup>426 du point principal.

plus ou moins péniblement avec les *goniomètres* ou les *goniographes* en usage, c'est-à-dire les cercles azimutaux du théodolite, du tachéomètre, de la boussole ou bien la planchette armée de son alidade.

Comme on n'a généralement pas besoin d'évaluer les angles horizontaux en degrés et minutes, l'on s'en tient aux résultats graphiques tout aussi précis que ceux que donnerait la planchette. Ce sont d'ailleurs les méthodes imaginées pour les levés effectués à l'aide de cet instrument qui se sont naturellement prêtées à l'emploi des vues photographiées.

*Amplitude.* — Dans les premiers temps, alors que l'on n'avait à sa disposition que des objectifs simples, c'est à peine si l'on pouvait compter sur un champ de 30° donnant des images sans distorsion.

Celles des pl. I et II sont dans ce cas, et il en est de même de la figure suivante (pl. III) (1), ce qui obligeait, quand on avait besoin de faire un tour d'horizon complet, à prendre 12 vues d'une même station.

Avec les objectifs aplanétiques ou grands angulaires devenus communs aujourd'hui, on a pu accroître considérablement le champ utilisable porté à 45°, 60° et même au delà. Toutefois il est assez rare, en métrophotographie, que l'on dépasse l'amplitude de 60°, et certains opérateurs se contentent même de celle de 45°, ce qui réduit, dans le premier cas, à 6 et dans le dernier à 8 le nombre des vues nécessaires pour effectuer un tour d'horizon complet.

Parmi les motifs qui militent en faveur des objectifs à champ modéré, il faut placer en première ligne la nécessité de ne pas exagérer le format des plaques ou des pellicules sensibles, et par conséquent le volume et le poids de la chambre noire déjà nécessairement surchargée d'organes de précision plus ou moins lourds. D'un autre côté, dans les constructions graphiques, il est souvent assez pénible d'opérer sur des épreuves d'une grande amplitude angulaire qui s'écartent trop des conditions ordinaires où l'on peut saisir d'un seul coup d'œil tout ce que représente un tableau. Enfin il n'est pas toujours nécessaire de faire des tours entiers d'horizon, et le nombre des épreuves qu'il convient de prendre à chaque station est même souvent assez limité.

(1) Cette figure est l'une des 10 vues qui avaient été prises en 1861 par les officiers du génie de la garde impériale, à l'occasion d'un simulacre de siège de la forteresse du Mont Valérien. Les clichés avaient été exécutés sur papier ciré sec avec le photothéodolite construit par Brunner, dont l'objectif avait une distance focale de 0<sup>m</sup>50 et une amplitude utilisable de 32°

(A suivre)

A. LAUSSEDAT.

# BREVET D'INVENTION

N° 339.655

**Procédé et appareil permettant de transformer optiquement, à l'aide de lentilles ou de miroirs sphériques, et de façon méthodique, les images planes.**

M. THEODOR SCHEIMPFLUG résidant en Autriche.

**Brevet français demandé le 16 janvier 1904**

délivré le 23 avril 1904 — publié le 16 juin 1904.

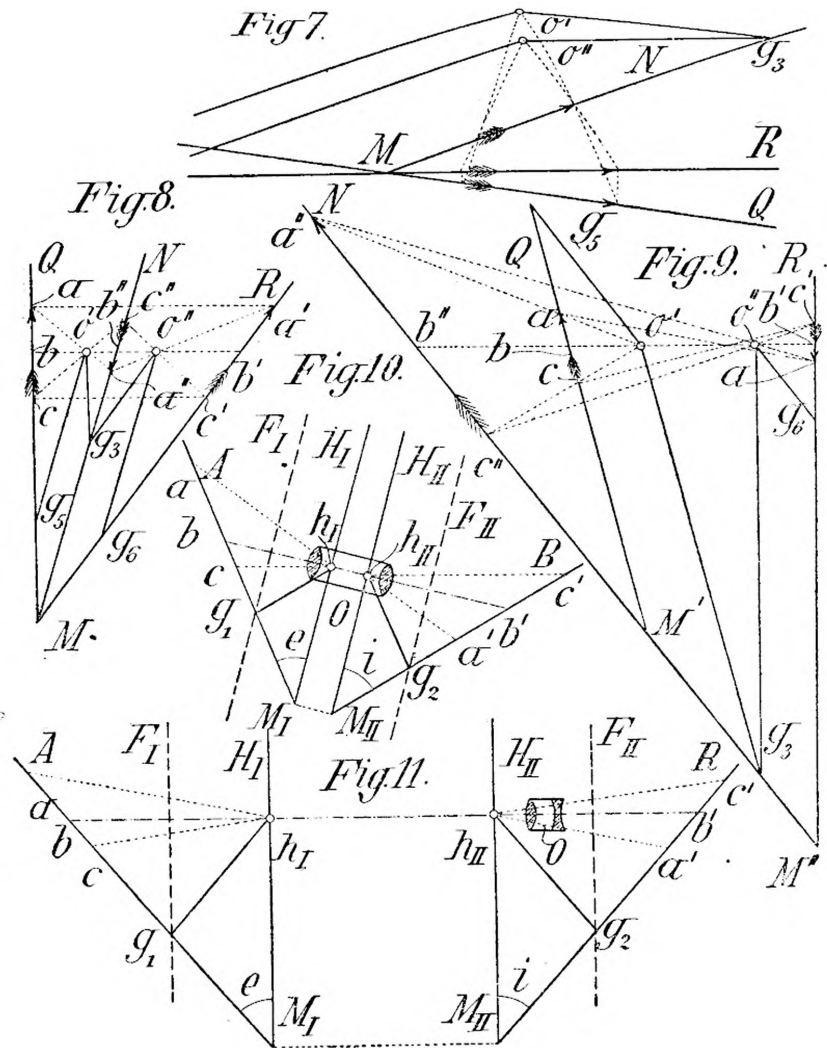
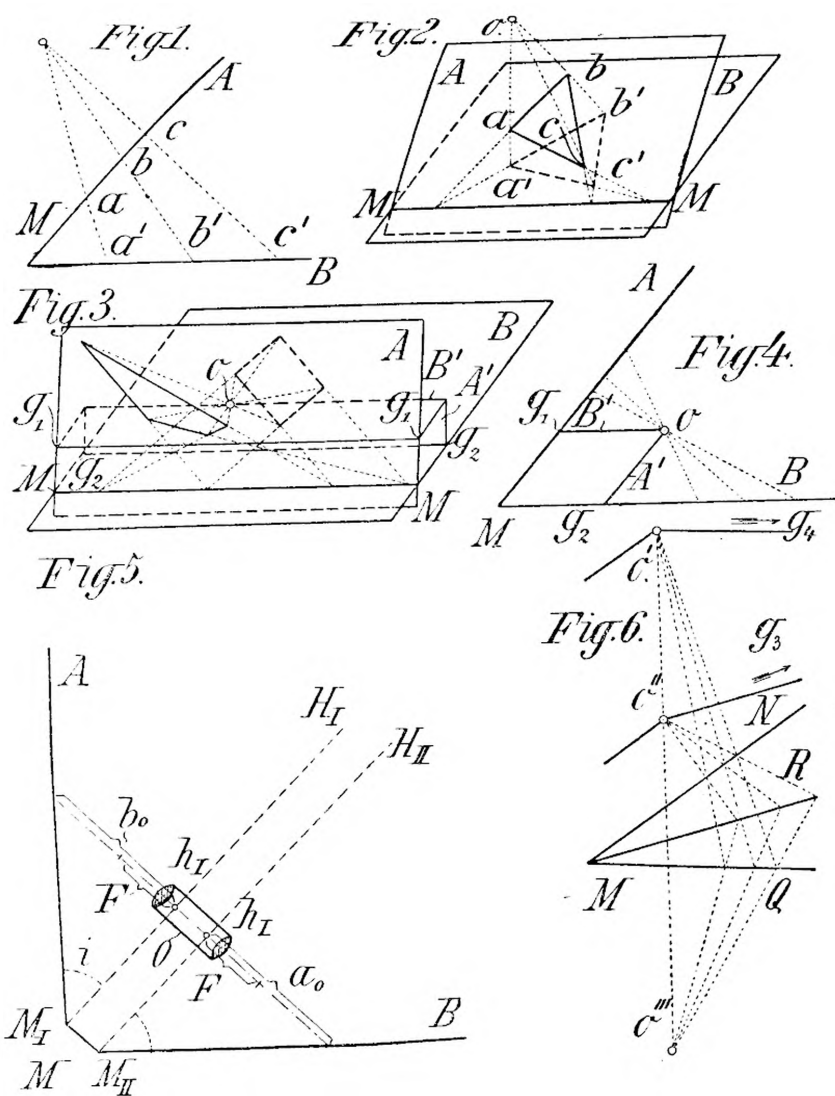
C'est chose bien connue des photographes que l'on peut, lorsque l'on fait des reproductions, apporter de légères modifications à l'image, sans nuire pour cela à sa clarté, en inclinant un peu l'original et la plaque sensible par rapport à l'objectif, et il existe même des appareils de reproduction permettant de réaliser cet effet. Les modifications d'images ne se faisaient, jusqu'ici, que tout à fait empiriquement et exigeaient des manipulations très longues et très difficiles que l'on ne pouvait entreprendre que dans de rares circonstances et qui ne donnaient que peu de précision. C'est pourquoi l'on préfère souvent effectuer les modifications d'images sans tenir compte de leur clarté et obtenir la clarté qui est nécessaire par l'emploi de diaphragmes très petits et de sources lumineuses très fortes. Mais, d'autre part, il y a grand intérêt, tant au point de vue scientifique qu'au point de vue industriel à pouvoir effectuer ces modifications d'images avec précision et méthode et c'est précisément ce que permet le procédé faisant l'objet de l'invention qui, ainsi que l'appareil servant à sa mise en pratique, donne la solution rigoureuse et mathématique du problème.

Les fig. 1 et 2 (coupe et perspective) des dessins ci-annexés sont destinées à faire bien saisir le sens des expressions « projectif et « perspectif », « axe de collinéation » et « centre de projection », que l'on rencontrera au cours du mémoire.

Les fig. 3 et 4 (perspective et coupe) ont trait aux « contre-plans » et aux « contre-axes » et aux rapports géométriques qui en dépendent, reliant entre elles les deux images collinéaires. La fig. 5 se rapporte aux conditions actuellement connues de la reproduction oblique.

La fig. 6 a trait aux rapports perspectifs réciproques de plusieurs images projectives dont les plans se coupent suivant une même droite.

Les fig. 7, 8 et 9, se rapportent aux conditions d'affinité, la fig. 7 s'applique au cas où toutes les images restent droites, la fig. 8 à celui où il se fait un redressement et la fig. 9 à celui où il se produit une image droite qui est ensuite renversée et *vice versa*.



Les fig. 10 et 11 se rapportent aux conditions optiques nécessaires pour obtenir, avec des lentilles sphériques des images sur un plan présentant une inclinaison par rapport à l'axe optique; elles montrent aussi l'interdépendance, faisant la base du présent procédé, des rapports géométriques et des rapports optiques des deux images produites; la fig. 10 a trait, plus spécialement, au cas d'un objectif symétrique, les deux plans principaux se coupant sur le plan d'objectif et la fig. 11 à celui d'un objectif asymétrique, en particulier d'un télé-objectif, où la distance des deux plans principaux ne peut plus être considérée comme quantité négligeable.

Les fig. 12 et 13 se rapportent à l'énoncé des lois de la reproduction par l'emploi de miroirs sphériques.

Les fig. 14 et 15 montrent le principe sur lequel s'appuie le présent procédé d'obtention, à l'aide de l'optique, de reproductions affines; la fig. 14 s'applique au cas où, dans l'appareil de reproduction employé, la seconde projection peut se faire de l'endroit où a été obtenue photographiquement la première image, et la fig. 15 au cas d'appareils dans lesquels les originaux ne peuvent être montés que sur l'une des faces.

La fig. 16 montre un mode de réalisation du procédé d'obtention directe des modifications affines des images.

Les autres figures se rapportent aux diverses façons de réaliser, suivant les cas, l'appareil du présent système; les fig. 17, 17<sup>a</sup>, 17<sup>b</sup> et 17<sup>c</sup> sont respectivement une première coupe verticale, une coupe horizontale, une seconde coupe verticale perpendiculaire à la première et l'élévation d'un appareil, dit à chariot, pour modifications projectives. Les fig. 18 et 18<sup>a</sup> sont destinées à bien faire comprendre le principe du système de commande employé dans l'appareil ci-dessus. Les fig. 19 et 19<sup>a</sup> sont respectivement le schéma et la coupe d'un appareil du présent système ne permettant que certaines modifications bien déterminées mais les donnant avec grande exactitude. La fig. 19<sup>b</sup> est une vue de détail du même appareil, elle en montre le disque rotatif lequel s'emploie également dans tous les autres appareils.

Les fig. 20, 21 et 22 représentent, schématiquement, des variantes de l'appareil de la fig. 19, variantes répondant à différents besoins.

Les fig. 23, 23<sup>a</sup> et 23<sup>b</sup> sont respectivement l'élévation, le plan et la coupe d'un mode d'exécution du genre de celui de la fig. 19, dans lequel la deuxième des conditions de clarté de l'image, conditions qui sont énoncées plus loin, est remplie, elle aussi, de façon permanente.

Les fig. 24, 24<sup>a</sup> et 24<sup>b</sup> sont respectivement l'élévation, la coupe verticale et la coupe horizontale d'une variante du mode d'exécution précédent, l'appareil étant ici en forme de livre.

Les fig. 25 et 25<sup>a</sup> sont des vues schématiques se rapportant à un appareil propre à l'obtention de modifications affines sans production d'une image intermédiaire et dans lequel on n'emploie, comme systèmes optiques, que des miroirs.

La fig. 26 représente, de façon schématique également, un appareil qui donne directement les modifications affines des images et dans lequel sont combinés un miroir et un objectif.

Les fig. 27, 27<sup>a</sup> et 27<sup>b</sup> se rapportent à un autre appareil pour modifications



affines directes, dans lequel on n'emploie, à nouveau, comme systèmes optiques, que des miroirs.

Les fig. 28 et 28<sup>a</sup>, enfin, représentent un appareil pour modifications affines directes dans lequel les systèmes optiques sont formés uniquement de lentilles.

On dit, dans la nouvelle géométrie dite géométrie de position, de deux fig.  $ab c \dots$  et  $a' b' c' \dots$  (fig. 1 et 2) obtenues en coupant un même faisceau de rayons par deux plans A et B, qu'elles sont projectives l'une à l'autre ou transformées collinéairement et l'on appelle position projective toute position relative de ces mêmes figures dans laquelle les droites menées par les points  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$ ... qui se correspondent deux à deux, se rencontrent toutes en un même point  $o$ . Ce point  $o$ , d'où partent toutes lesdites droites (rayons visuels) s'appelle le centre de projection ou le centre de collinéation et la droite d'intersection MM des deux plans A et B, droite qui est commune aux deux figures considérées, l'axe de collinéation. Ce dernier étant commun aux deux figures, il en résulte que toute droite d'un original coupe son image en un point de l'axe de collinéation et *vice versa*. Il y a lieu, en outre, de considérer les plans A' et B' menés par le centre de projection  $o$  parallèlement aux plans A et B (fig. 3 et 4); ces plans sont dénommés contre-plans et ils coupent respectivement les plans A et B des figures suivant les images  $g_1$  et  $g_2$  de droites de l'infini des plans B et A, et que l'on désigne sous le nom de contre-axes. Les contre-axes sont les lieux géométriques des points d'intersection de toutes les droites qui se coupent ayant pour image sur l'autre plan des droites parallèles. Ainsi : le contre-axe  $g_1$  qui est situé dans le plan A est le lieu géométrique des points d'intersection de toutes les droites qui ont comme image sur le plan B des droites parallèles et *vice-versa*.

Une modification affine, c'est-à-dire une modification dans laquelle l'image est allongée ou raccourcie dans un certain sens, mais ne subit absolument aucun changement dans un autre, ne pourrait, de même qu'une ombre, être obtenue directement que si le centre de projection était reporté à l'infini. En d'autres termes, des images planes de même dimension qui sont en relation affine peuvent être regardées tout d'abord comme les sections de deux plans par le même cylindre de rayons. Mais la géométrie de position enseigne qu'il peut encore en être donné une autre conception : Si, comme on le voit fig. 6, une image plane située dans le plan MN est projetée du point  $o'$  sur le plan MQ et en outre du point  $o''$  sur le plan MR et si les trois plans MN, MQ et MR ont même ligne d'intersection MM (l'axe de collinéation commun des trois figures) les deux images projetées sur les plans MQ et MR sont également perspectives l'une à l'autre et leur centre de collinéation commun  $o'''$  est sur la droite  $o'o''$ . Mais ce nouveau centre de collinéation  $o'''$  peut lui aussi être reporté à l'infini. De quelque façon que cela se produise, les deux images produites respectivement dans MQ et MR deviennent affines (fig. 7). L'affinité n'est, en somme, qu'un cas spécial de la projectivité. Malgré cela, on emploiera dans la suite, pour plus de brièveté, l'expression « projectif » en sens contraire de l'expression « affin », de telle sorte que les rapports géométriques dont il sera question ici seront toujours appelés « projectifs » lorsque le centre de projection  $o'''$  sera à distance finie et « affins » quand ce centre  $o'''$  sera reporté à l'infini.

Les théorèmes suivants qui relient l'optique à la nouvelle géométrie forment la base théorique du présent procédé ainsi que celle de l'appareil destiné à le réaliser.

1° Les images photographiques sont des images perspectives au sens mathématique absolu du mot et les points principaux ou nodaux des objectifs employés jouent le rôle de centre de projection pour les images auxquelles ils donnent naissance ; cela est déjà connu et constitue la base de la photogrammétrie.

2° Toute image plane sera reproduite comme telle par toute combinaison de systèmes de lentilles ou de miroirs sphériques, dans les mêmes limites que celles pour lesquelles l'équation ordinaire des lentilles ou des miroirs peut être considérée comme exacte ; ceci est également connu.

3° Dans la reproduction oblique, le plan de l'original et le premier plan principal du système de lentilles se coupent, comme on le sait, ainsi que le plan de l'image projetée et le deuxième plan principal du système de lentilles, suivant des droites conjuguées optiquement (fig. 5).

Si les deux points nodaux  $h_1$   $h_{11}$  viennent à coïncider avec le centre optique O et si, en même temps, les deux plans principaux viennent à coïncider avec le plan d'objectif M O, les deux plans d'images et le plan d'objectif se coupent suivant la même droite M qui joue alors le rôle de l'axe de collinéation géométrique des images.

L'équation ordinaire des lentilles prend la forme :

$$\text{tang } e = \frac{F}{b_0 - F} \text{tang } i,$$

où  $e$  et  $i$  sont les angles que forment les plans des images avec les deux plans principaux ou le plan d'objectif et où  $F$  est la distance focale qui prend le signe

+ pour les lentilles convergentes, et  
— pour les lentilles divergentes ;

enfin  $b_0$  est la distance de l'intersection de l'axe optique de l'objectif avec le plan A de l'original au premier point nodal  $h_1$  de l'objectif.

Il est à ajouter que les deux points nodaux ainsi que les plans principaux sont, dans la plupart des systèmes de lentilles que l'on rencontre, systèmes qui, en général, sont symétriques, tellement rapprochés qu'on peut pratiquement les regarder comme confondus. On n'a plus à parler alors que du « centre optique » et du « plan d'objectif » (fig. 10). Seuls les télésystèmes, c'est-à-dire la combinaison de lentilles positives et négatives, forment, par suite de leur grande asymétrie, une exception importante à cette règle ; chez ceux-ci les points nodaux et les plans principaux sont reportés très en dehors du système de lentilles et cela du côté de la lentille positive, et en fait les deux points nodaux et les deux plans principaux s'écartent en même temps l'un de l'autre (fig. 11).

L'équation des lentilles ci-dessus mentionnée a, au point de vue géométrique, une très grande importance dans le présent procédé. Si l'on trace, en effet, les contre-axes  $g_1$   $g_2$  des deux images perspectives  $a$   $b$   $c$ ,  $a'$   $b'$   $c'$  en menant par deux points nodaux  $h_1$   $h_{11}$  de l'objectif des plans parallèles aux deux plans d'images

Fig. 12.

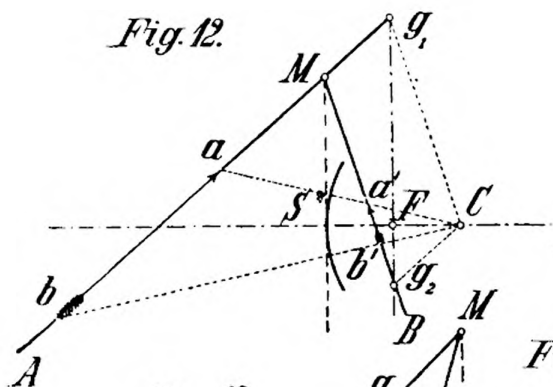


Fig. 13.

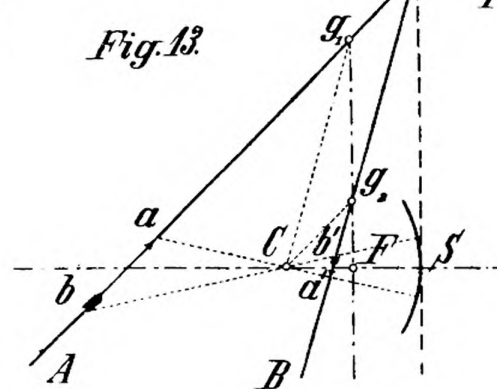


Fig. 16.

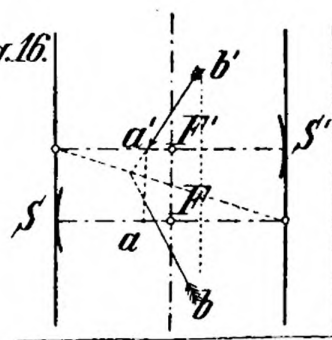
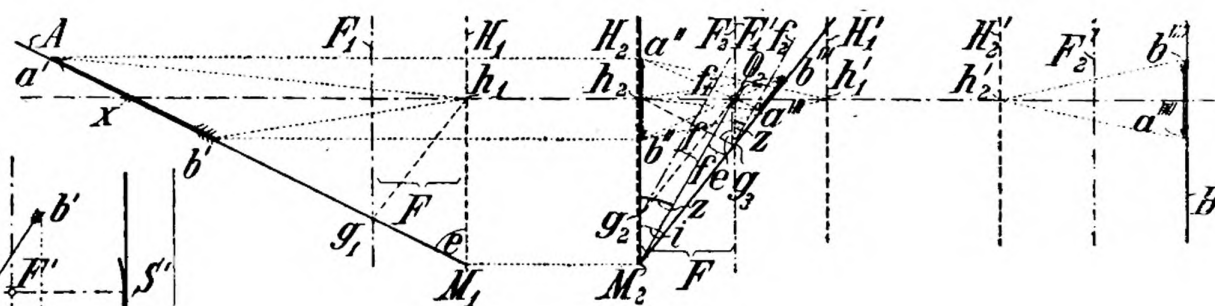
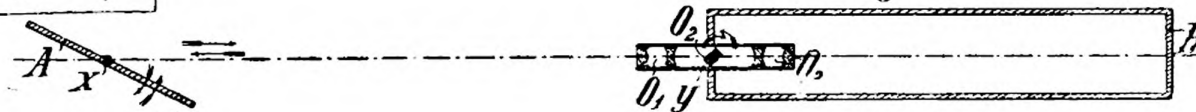


Fig. 28.


 Fig. 28<sup>a</sup>


A et B (fig. 10) et en leur faisant couper ces derniers, ces contre-axes sont toujours dans les plans focaux  $F_1 F_{11}$  du système de lentilles. Les contre-axes ont donc non seulement une importance géométrique, mais aussi optique.

En outre, pour ce qui est de l'obtention de modifications affines, on trouve, dans la géométrie de position, un passage important : deux systèmes d'images perspectives optiquement parlant qui se doivent compléter affinement doivent avoir image intermédiaire et contre-axe correspondant communs (fig. 7, 8 et 9).

Avec des miroirs sphériques (fig. 12 et 13), les deux plans d'images A et B et le plan osculatoire S du sommet du miroir se coupent suivant la même droite qui joue alors le rôle d'axe de collinéation géométrique des deux images.

L'équation ordinaire du miroir (sommet) devient ici :

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{R \tan e} + \frac{1}{R \tan i},$$

où,  $R = MS$  et  $F = \frac{r}{2}$ , moitié du rayon de courbure du miroir.

On emploie :

pour les miroirs concaves le signe +  
pour les miroirs convexes le signe —

Cette équation des miroirs a un sens géométrique analogue à ce qui a été vu ci-dessus :

En effet, si l'on détermine les contre-axes  $g_1 g_2$  du système perspectif d'images en menant, par le centre de courbure  $c$  du miroir, des plans parallèles aux plans A et B des images et en leur faisant couper ces plans, ces contre-axes se trouvent toujours dans le plan focal F du miroir.

C'est sur la combinaison de ces théorèmes, qui en partie sont déjà connus, mais qui, pour la plus grande partie, sont nouveaux, que repose le procédé de modification des images décrit dans ce qui suit ainsi que l'appareil y relatif.

Pour réaliser le procédé d'obtention d'images modifiées projectivement on s'y prend de la façon suivante :

Après avoir déterminé, par le calcul ou graphiquement, en se servant des lois et des théorèmes ci-dessus mentionnés, les données nécessaires à la mise en place de l'original, de l'objectif et de l'image, on amène, en se servant de télé systèmes comme objectif, le premier plan d'image A, contenant l'original, et le second plan d'image B, contenant une glace dépolie destinée à la réception de l'image projetée, à couper respectivement le premier et le second plan principal  $H_1 H_{11}$  de l'objectif de telle sorte que les deux droites d'intersection obtenues deviennent des droites optiquement conjuguées au sens des lois de l'optique. De la sorte, la première condition de clarté de l'image est remplie. Ensuite, on tourne l'un des plans d'image, par exemple celui qui contient la glace dépolie, par rapport à l'autre, lequel, dans ce cas, contient l'original et est maintenu fixe, jusqu'à ce qu'il soit devenu parallèle au contre-plan appartenant au plan d'image fixe et passant par l'intersection de ce dernier avec le plan focal correspondant de l'ob-

jectif. De la sorte, la seconde condition de clarté de l'image : que les contre-axes soient sur le plan focal, est remplie. Il s'ensuit que l'on obtient sur la glace dépolie une image de l'original transformée comme on le voulait et d'une clarté parfaite.

Si l'on emploie comme objectif des systèmes de lentilles symétriques dans lesquels les deux plans principaux se confondent avec le plan d'objectif on procède de façon tout à fait identique : en amenant deux plans d'images contenant respectivement l'original et la glace dépolie à couper le plan d'objectif suivant la même droite et faisant tourner ensuite l'un des plans d'images par rapport à l'autre, maintenu fixe, jusqu'à ce qu'il soit devenu parallèle au contre-plan du plan d'image fixe.

Dans le cas de l'emploi de miroirs sphériques, on procède de même qu'avec les objectifs symétriques ; la seule différence est qu'ici le plan du sommet du miroir remplace le plan d'objectif.

Si l'on veut obtenir des transformations affines, on peut procéder en répétant les opérations précédemment mentionnées deux ou plusieurs fois de suite, le résultat de la première opération, l'image intermédiaire, étant soit fixée photographiquement, et modifiée seulement ensuite, soit modifiée immédiatement, sans la fixer par un deuxième dispositif. On se sert de même du résultat de la seconde opération pour une troisième transformation, etc.

Les fig. 14 et 15 permettent de mieux comprendre ce premier procédé d'obtention de transformations affines.

D'après la figure 14, le plan Z de l'image intermédiaire  $a'' b' c'$ , c'est-à-dire la glace dépolie sur laquelle se fait la première projection, est fixée sous un angle quelconque ( $i$ ) par rapport au plan d'objectif et le support de l'image intermédiaire est déplacé parallèlement au plan d'objectif de manière à le rapprocher ou à l'écarter de l'axe de collinéation M suivant qu'on veut un raccourcissement ou un allongement de l'image. On dispose alors le plan de l'original de telle façon que les deux plans d'images et le plan d'objectif se coupent suivant une même droite et que le contre-axe  $g_1$  de l'original tombe dans le plan focal. Aussitôt que l'image apparaît avec clarté sur la glace dépolie on fait la première projection et on la fixe photographiquement ; puis on monte le négatif obtenu sur l'appareil où était le cliché lors de la projection.

Si l'on se bornait maintenant à reprojeter ce négatif tel quel sur le plan de l'original, on obtiendrait à nouveau exactement l'original. Mais si, au contraire, on fait coulisser le négatif sans changer son inclinaison ( $i$ ) par rapport au plan d'objectif (ou à celui du miroir) et sans changer sa distance à celui-ci, parallèlement au plan d'objectif, ou encore si l'on fait coulisser l'objectif (le miroir) dans son plan sans changer la position de l'image intermédiaire (du négatif), et si l'on fait alors la projection en retour après avoir, par rotation et translation du plan d'image dans lequel se trouvait tout d'abord l'original et sur lequel va maintenant être projetée l'image modifiée affinement, rempli les conditions nécessaires à la production d'une image nette, on peut produire les transformations affines les plus variées.

Ce procédé implique que le négatif et la glace dépolie peuvent être interchangés quant à leur position par rapport à l'objectif. Au cas contraire et si le négatif doit



être fixé sur le support de l'original, pour réaliser la deuxième transformation, le procédé subit une modification. L'image intermédiaire (le négatif)  $a'' b'' c''$  est alors, comme le montre la fig. 15, monté à la place de l'original de telle façon que son contre-axe  $g_1$ , qui, lors de la première projection, était déterminé par l'intersection du plan Z et du plan focal ( $F_{II}$ ), tombe, dans le nouveau montage, dans le plan focal ( $F_I$ ). Les translations parallèles au plan d'objectif et la mise en place destinée à donner la clarté s'effectuent comme dans le cas précédent.

Seulement chaque modification de l'angle d'inclinaison ( $i$ ) que fait l'image intermédiaire avec le plan d'objectif, entraîne ici une modification de la dimension de la transformation affine.

Le procédé d'obtention de transformations projectives et affines compliquées peut encore être réalisé, comme il a été déjà dit plus haut, sans impression photographique de l'image intermédiaire, par transformations successives immédiates de cette dernière; les opérations à effectuer simultanément peuvent être réglées convenablement par inclinaison ou rotation des systèmes optiques, qu'ils soient deux ou plus de deux.

Deux semblables systèmes, collimatés l'un sur l'autre, ne peuvent reproduire des images obliques qu'affinement, vu que le plan de l'image intermédiaire ne peut couper le plan focal commun des deux systèmes optiques que suivant une seule droite, c'est-à-dire suivant le contre-axe commun; grâce à quoi, la condition d'affinité est remplie d'elle-même.

La fig. 16 montre la réalisation de ce procédé par l'emploi de deux miroirs concaves S et S'. L'original  $a b$  se place à l'intérieur du champ des deux miroirs sous un angle quelconque avec le plan focal. Le miroir S produit, par réflexion des rayons lumineux sur le miroir S', une image intermédiaire imaginaire de l'original située en dehors de la surface réfléchissante, laquelle image est reprise par le miroir S' qui la transforme en une image affine  $a' b'$ .

La mise en pratique du procédé est fortement facilitée par les modifications projectives, quand on le réalise avec des appareils qui donnent, sans qu'on ait à y toucher, une clarté constante des images, parce qu'alors on n'a, au lieu de procéder par calculs et constructions préliminaires, qu'à observer les règles simples suivantes :

1° Les rotations imprimées à l'original servent à rendre parallèles à l'axe de collinéation les droites qui doivent rester parallèles aussi bien dans l'original que dans la transformation, c'est-à-dire à rendre parallèle l'axe de collinéation de l'original avec l'axe de transformation de l'appareil et à l'amener ensuite par des translations de l'image en coïncidence avec l'axe de transformation.

2° Des droites parallèles de l'original deviennent des droites sécantes dans la transformation et inversement. Les lieux géométriques des points d'intersection sont les contre-axes.

3° Le degré de divergence ou de convergence des images, qui se coupent, de droites parallèles dans l'original ou *vice versa*, est simplement une fonction de la distance des contre-axes des images considérées à l'axe de collinéation. Si cette distance diminue, la divergence augmente, si elle augmente, la divergence diminue.

4° La distance des images de droites qui sont parallèles à l'axe de collinéation

Fig 14

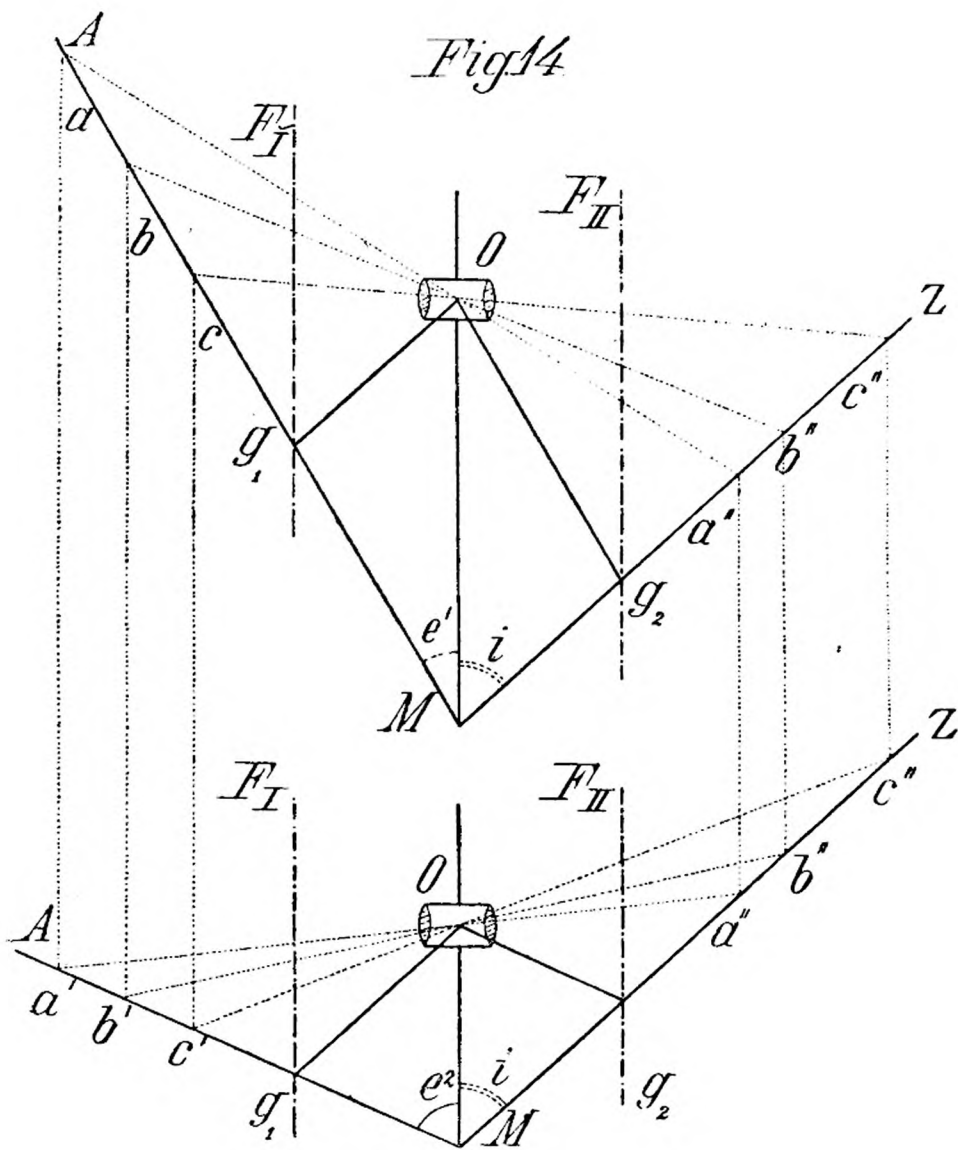
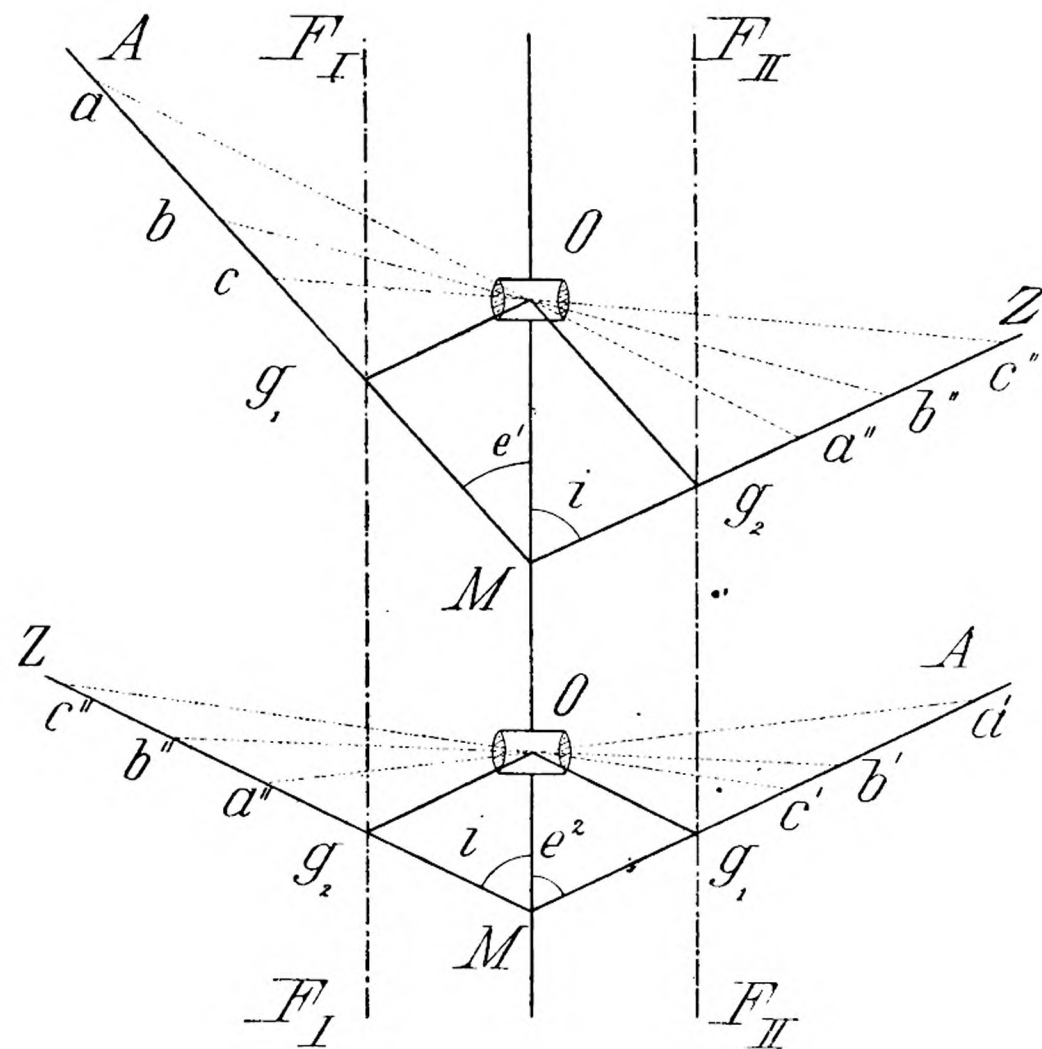


Fig 15



est plus petite ou plus grande dans la transformation que dans l'original, c'est-à-dire que la transformation apparaît raccourcie ou allongée par rapport à l'original, suivant qu'elle est plus rapprochée ou plus éloignée de l'axe de collinéation que l'original.

5° Un rectangle de l'original devient un trapèze quand il est placé symétriquement par rapport à l'axe optique de l'objectif; un trapézoïde, quand il est placé asymétriquement; les angles du trapézoïde devenant d'autant plus inégaux que le degré d'asymétrie de la position est plus grand.

6° La distance des contre-axes de la transformation à l'axe de collinéation, dont dépend la divergence ou la convergence des images projectives de droites qui sont parallèles dans l'original, se règle le mieux par rotation continue du plan de l'image de la transformation; elle peut cependant être modifiée aussi de façon discontinue par changement de l'objectif, car elle dépend aussi de la longueur focale de ce dernier.

On décrira maintenant quelques modes d'exécution des appareils propres à la réalisation du procédé ci-dessus.

La première chose à faire pour la création d'appareils utilisables est de disposer des appareils de reproduction photographique, de telle sorte que les deux plans d'images puissent être inclinés par rapport à l'axe optique de l'objectif. De semblables appareils sont déjà connus, mais on n'avait jusqu'ici comme critérium de leur bonne mise au point que la clarté de l'image: ces appareils sont donc encore imparfaits, non pratiques, et ne peuvent fonctionner avec aucune exactitude. On peut leur apporter un perfectionnement important au point de vue industriel en adaptant aux plans des images un viseur quelconque permettant de contrôler l'exactitude de l'intersection commune des deux plans d'images avec le plan de l'objectif, et par conséquent la première condition de clarté.

Une autre façon d'obtenir le même résultat, façon qui nécessite une modification de forme des appareils photographiques, spéciale pour le but visé, et qui fait faire un grand progrès à la construction, consiste à relier, lors de celle-ci, les supports de l'objectif et des deux images de telle sorte qu'ils se coupent toujours suivant une même droite.

Si, de plus, on s'arrange de manière que la seconde condition de clarté de l'image soit automatiquement remplie, on arrive à un type d'appareil qui rend inutile tout calcul préliminaire pour obtenir des transformations projectives, vu que, d'une part, la clarté de l'image reste toujours constante, et que, d'autre part, les transformations projectives peuvent s'effectuer avec de semblables appareils suivant des lois très simples et très claires; celles-ci étant les seules que l'opérateur a à observer, elles peuvent facilement être exécutées d'une manière simplement empirique. Les appareils où les deux conditions de clarté de l'image sont remplies automatiquement forment donc ce qu'il y a de plus important, au point de vue industriel, dans la présente invention. Mais, dans la plupart des cas qui se présentent dans l'industrie, les transformations projectives ont, en général, moins d'importance que les transformations affines. C'est pourquoi les appareils qui rendent possibles l'obtention directe et sans intermédiaire des transformations affines ont un grand intérêt. Ceux-ci se construisent en combinant, c'est-à-dire en

montant à la suite l'un de l'autre, deux appareils pour transformations projectives dans lesquels l'image intermédiaire, qui est commune, avec son contre-axe, aux deux systèmes projectifs, reste simplement une image aérienne, c'est-à-dire imaginaire.

L'appareil des fig. 17, 17<sup>a</sup>, 17<sup>b</sup> et 17<sup>c</sup> forme un appareil de reproductions photographiques muni de toutes les dispositions nécessaires pour donner rationnellement des transformations projectives.

A cet effet, les cadres  $rs$  et  $vw$ , dans lesquels se montent, respectivement l'original et le châssis destiné à recevoir l'image projetée, sont disposés de façon à pouvoir tourner autour d'axes verticaux  $xx^1$  et  $yy^1$ , qui sont montés sur les supports  $fg$  et  $hk$  pouvant coulisser en ligne droite et perpendiculairement à l'axe de l'objectif.

Le coulisage des porte-images  $fg$  et  $hk$ , parallèlement au plan d'objectif, et cela simultanément en sens opposés, se fait le long des guides rectilignes  $T$ ,  $T$  et est effectué par une tige  $E$ , qui peut tourner autour d'un tourillon  $e^1$  et qui est mue par une tige filetée  $I$  et un écrou  $K$ .

Les rotations des deux plans d'images l'un par rapport à l'autre et par rapport au plan d'objectif sont effectuées par la commande ci-après et cela de telle façon qu'à chaque instant les deux conditions de clarté de l'image sont remplies et que par suite l'appareil, lorsqu'il est une fois réglé, reproduit toujours avec clarté. La commande se compose d'une tige filetée  $J$  qui est montée dans le plan de l'objectif et qui agit sur un écrou  $K^1$  portant deux articulations-guides  $L$ , dans lesquelles coulisent des bras  $P$  qui sont fixés à des douilles  $S$  montées libres sur les axes de rotation parallèles  $xx^1$  et  $yy^1$  des porte-images  $rs$  et  $vw$ .

Ces douilles  $S$  transmettent, par l'intermédiaire d'un mécanisme approprié quelconque, par exemple d'un système de roues coniques  $G$ , un mouvement de rotation de même amplitude mais de sens différent, aux châssis rotatifs  $rs$  et  $vw$ .

La fig. 18 montre le mode d'action de cette commande.

La première condition de clarté de l'image s'énonce ainsi : « Les deux plans d'images et le plan d'objectif doivent toujours se couper suivant une même droite  $M$ . »

Comme il s'agit, dans la plupart des cas, de faibles inclinaisons des plans des images, la droite  $M$  se trouve généralement très en dehors de l'appareil et se détermine par suite difficilement lors de la construction.

Il y a donc lieu avant tout de remplacer cette droite  $M$  par un autre repère  $m$ , plus facile à observer.

Si, comme on le voit fig. 18, on dispose les axes de rotation  $xx^1$  et  $yy^1$  à une distance du plan d'objectif  $MO$  égale au double de la distance focale de l'objectif employé, et si l'on fait :

$$\widehat{Ox\ m^1} = \widehat{OM\ x} = e,$$

$$\widehat{Oy\ m^2} = \widehat{OM\ y} = i,$$

on a :

$$\begin{aligned}\Delta. Ox M &\hookrightarrow \Delta. Om^1 x, \\ \Delta. Oy M &\hookrightarrow \Delta. Om^2 y,\end{aligned}$$

parce qu'ils ont tous leurs angles égaux, d'où :

$$\begin{aligned}OM. Om^1 &= \overline{Ox}^2, \\ OM. Om^2 &= \overline{Oy}^2.\end{aligned}$$

Mais on a, par hypothèse,  $Ox = Oy$ , on a aussi :

$$Om^1 = Om^2 = Om,$$

c'est-à-dire que  $m^1$  et  $m^2$  sont confondus au point  $m$ . Ce point  $m$  peut ainsi être facilement déterminé à la construction, et c'est à sa place que se monte l'écrou  $K^1$ .

Les bras rotatifs  $P$  prennent la place des rayons  $m x$  et  $m y$ , et les porte-images  $r s$  et  $v w$ , celle des rayons  $Mx$  et  $My$ .

La transmission par pignons coniques, ou le système qui la remplace, rend les angles de rotation  $e$  et  $i$  des bras  $P$  et des porte-images  $r s$  et  $v w$  égaux et opposés; elle oblige de plus, du fait que les bras  $P$  se rencontrent toujours, par suite de leur guidage dans les pièces  $L$ , au point  $m$  du plan d'objectif, les plans des porte-images  $r s$  et  $v w$  à se couper toujours suivant la droite  $M$  de ce dernier plan.

Mais comme  $Ox = Oy$ , les contre-plans  $Og_1$  et  $Og_2$  diviseront le triangle  $xMy$  en deux triangles égaux  $x g_1 O$ ,  $Og_2 y$ , et en un parallélogramme  $Og_1 M g_2$ , on aura :

$$\begin{aligned}xg_1 &= g_1 M, \\ xg_2 &= g_2 M.\end{aligned}$$

Les droites  $g_1$  et  $g_2$  sont à mi-distance des droites  $x x^1$  et  $y y^1$  et du plan d'objectif, elles sont donc dans les plans focaux.

De la sorte, les deux conditions de clarté de l'image sont rigoureusement remplies.

La fig. 18<sup>a</sup> donne une modification de la commande décrite.

Ici, la distance des axes de rotation  $x x^1$  et  $y y^1$  au plan d'objectif peut être modifiée; ceux-ci doivent cependant, dans ce mode d'exécution, pouvoir être mus dans les deux sens, dans des guidages rectilignes, parallèlement au plan d'objectif.

Si, dans la fig. 18<sup>a</sup>, on fait :

$$\begin{aligned}\widehat{Ox m^1} &= \widehat{Om y} = i, \\ \widehat{Oy m^2} &= \widehat{Om x} = e,\end{aligned}$$

on a :

$$\Delta. Ox M \hookrightarrow \Delta. Oy m^2,$$

et :

$$\Delta. Oy M \hookrightarrow \Delta. Ox m^1.$$



Fig.17

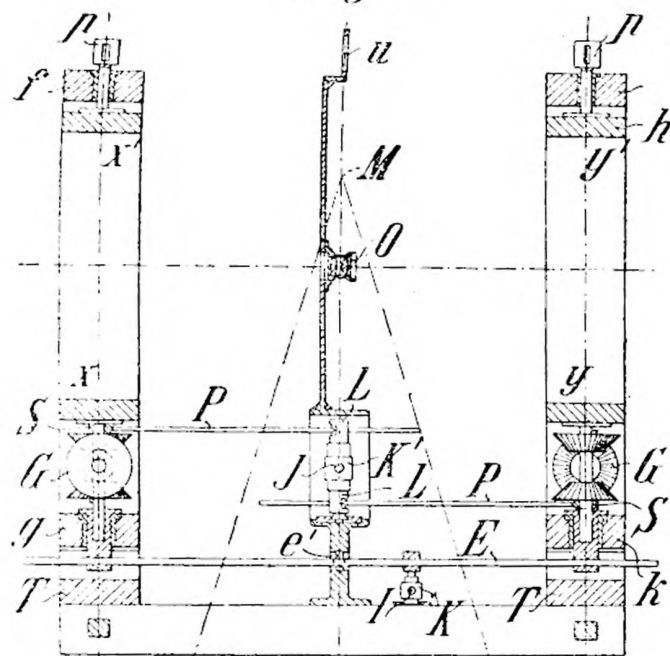
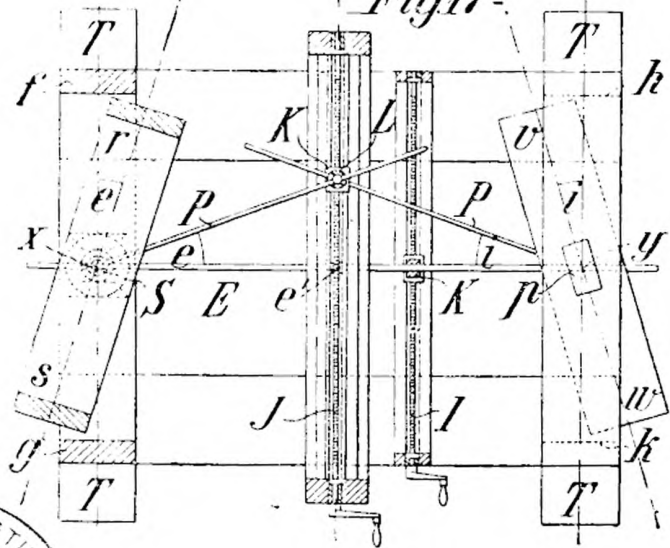
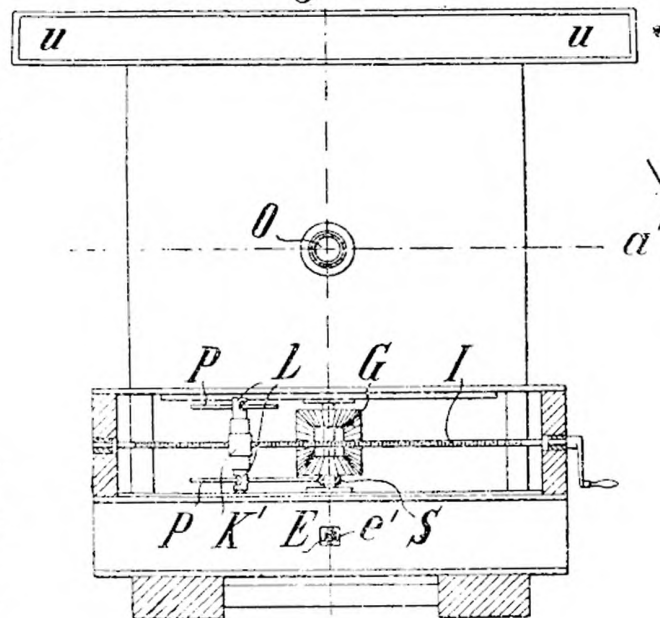
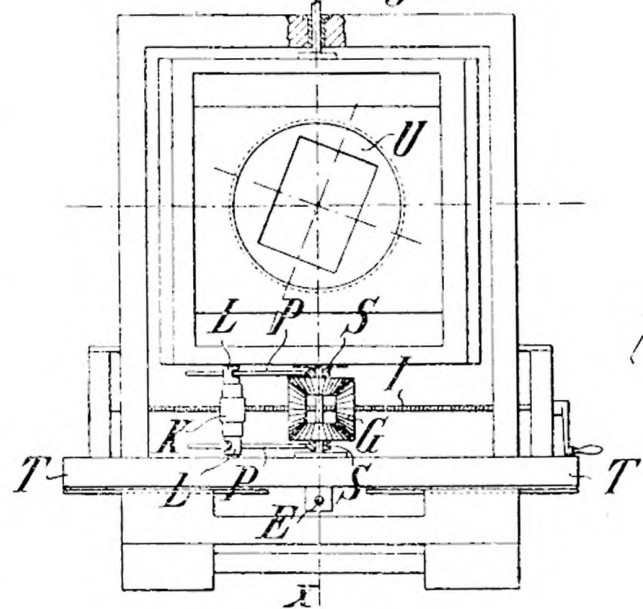
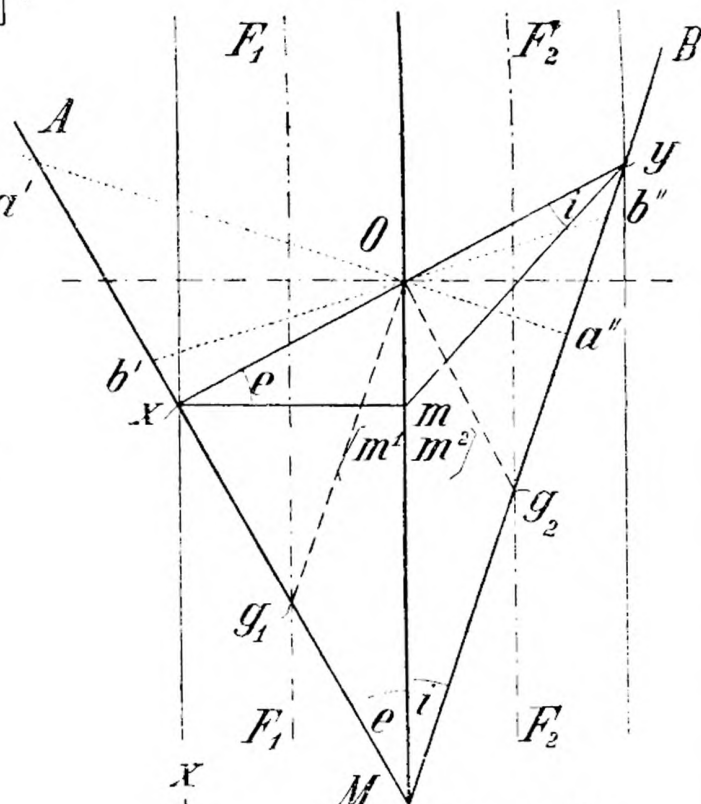
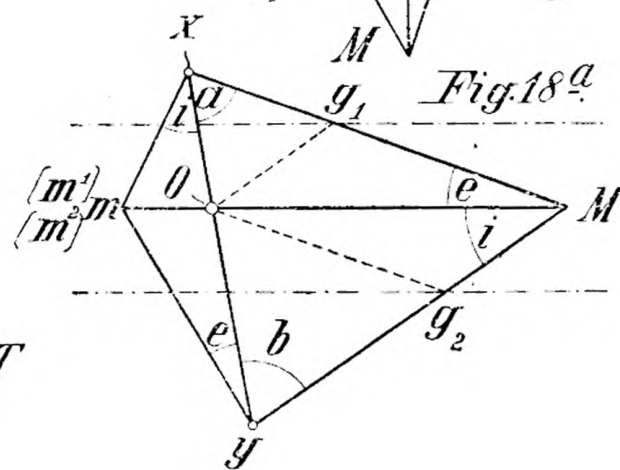

 Fig.17<sup>a</sup>

 Fig.17<sup>b</sup>

 Fig.17<sup>c</sup>


Fig.18


 Fig.18<sup>a</sup>


D'où :

$$\frac{OM}{Ox} \cdot \frac{Ox}{Om^1} = \frac{\sin a \cdot \sin b}{\sin e \cdot \sin i} = \frac{OM}{Oy} \cdot \frac{Oy}{Om^2}.$$

D'où :

$$Om^1 = Om^2 = Om,$$

c'est-à-dire que  $m^1$  et  $m^2$  se confondent au point  $m$ .

Il s'ensuit que : si on détermine le point  $m$ , en portant, ainsi que le montre la fig. 18<sup>a</sup>, l'angle  $e$  en  $y$  et l'angle  $i$  en  $x$ , du côté opposé à  $M$ , les distances des axes  $x x^1$  et  $y y^1$  n'ont plus besoin d'être égales entre elles ni égales au double de la distance focale de l'objectif employé.

Toutefois la commande a besoin d'avoir une disposition un peu différente.

Un écrou  $K^1$ , à articulations-guides, se meut longitudinalement au plan d'objectif. Des bras  $P$  qui coulisent dans des articulations-guides, tournent sur des douilles  $S$  montées libres sur les axes  $x x^1$  et  $y y^1$ . Les rotations de ces douilles  $S$  ne sont plus transmises, dans le cas présent, aux porte-images montés sur le même axe, mais, par des mécanismes appropriés (courroies, parallélogrammes, etc.) aux porte-images situés en face l'un de l'autre à angles égaux et en sens contraire.

La clarté de l'image n'est plus, dans ce dispositif, obtenue obligatoirement comme dans les cas précédents ; elle ne s'obtient que lorsqu'elle a été réalisée une première fois. Si l'on considère en effet, dans la fig. 18<sup>a</sup>, les axes  $g_1$  et  $g_2$ , on voit que ceux-ci se meuvent aussi, tant que l'on déplace  $x$  et  $y$  parallèlement au plan d'objectif, tout à fait parallèlement à ce même plan. Si donc ces contre-axes ont été amenés dans les plans focaux, du fait que l'on a une première fois réalisé la clarté de l'image, ils y restent aussi et la clarté de l'image reste conservée.

Pour satisfaire même aux exigences les plus grandes et pour rendre possible le réglage exact de l'appareil, celui-ci comporte en outre la disposition suivante :

On fixe à demeure sur chacun des axes verticaux  $x x^1$  et  $y y^1$  des porte-images  $r s$  et  $v w$  une lampe à écran fendu  $p$  qui projette toujours ses rayons lumineux dans la direction des plans d'images.

Les faisceaux lumineux qui en proviennent doivent, quand toutes les pièces sont dans leur position moyenne, se confondre avec les lignes de visée des mires montées sur les porte-images  $f g$  et  $h k$  et se rencontrer suivant une droite  $M$ , sur l'écran  $u$  situé dans le plan d'objectif, lorsque les porte-images  $r s$  et  $v w$  ont une inclinaison suffisante.

Ces faisceaux lumineux peuvent aussi, au cas où l'on aurait à donner aux plans d'images une inclinaison telle que la commande n'y suffit pas, la commande étant désaccouplée, servir comme moyen de direction et de visée pour amener les deux plans d'images à se couper toujours avec le plan d'objectif, suivant la même droite  $M$ .

On peut encore, à l'aide de divisions donnant à chaque instant la distance des axes de rotation verticaux  $x x^1$  et  $y y^1$  à l'axe optique de l'objectif, par exemple à l'aide d'un cercle divisé qui donnera les angles  $e$  et  $i$  dont on fait tourner les porte-images  $r s$  et  $v w$ , ou bien encore à l'aide d'un disque rotatif  $U$  monté sur l'un des

porte-images, *r* s si l'on veut, et permettant lors du montage d'une image de rendre parallèle l'axe de collinéation ou le contre-axe de l'image à l'axe de rotation des porte-images, on peut, disons-nous, rendre l'appareil propre aux transformations d'images les plus difficiles sans avoir rien à craindre d'un contrôle par les calculs.

Enfin, grâce à ce que la glace dépolie ou le châssis peut, ainsi que le cadre de l'original, être encore déplacé dans le sens vertical, c'est-à-dire parallèlement aux axes de rotation  $x x^1$  et  $y y^1$  des porte-images, et que ces déplacements peuvent être mesurés par des divisions, l'on peut également faire des transformations obliques.

On peut aussi, grâce à ce que la glace dépolie ou le châssis peut, ainsi que le cadre de l'original, être déplacé horizontalement, c'est-à-dire perpendiculairement aux axes  $x x^1$  et  $y y^1$ , et que ces déplacements peuvent être mesurés par des divisions, changer les dimensions de la transformation projective.

L'appareil est donc agencé pour toutes les transformations d'images, qu'elles soient projectives ou affines.

Au principe de ce mode d'exécution on ne change rien si, comme c'est le cas dans les grandes installations, l'original se trouve dans un espace bien éclairé, le support de l'image dans une chambre noire et l'objectif dans la cloison séparatrice des deux espaces, et alors même que, en vue de l'obtention des mouvements nécessaires et aussi de la production du bon éclaircissement, les supports de l'original et de l'image sont formés par des chariots compliqués, et qu'à cause de cela ou pour rendre possibles des agrandissements variables dans des limites plus étendues, la commande pour l'obtention de la constance de la clarté de l'image est réalisée autrement.

L'appareil représenté schématiquement fig. 19 et sous son mode d'exécution pratique fig. 19<sup>a</sup> et 19<sup>b</sup>, n'est destiné à être employé que pour des transformations bien déterminées, relativement grandes, d'images de format relativement petit. Cet appareil a, extérieurement, la forme d'un prisme triangulaire. Dans l'une de ses arêtes M est monté un axe sur lequel la cloison porte-objectif M O peut tourner à l'intérieur de l'appareil. L'image  $a^1 b^1 c^1$  à transformer se monte sur le disque rotatif U et s'installe de façon que son axe de collinéation soit parallèle à l'arête M de l'appareil. Si l'appareil est réglé, la transformation désirée  $a'' b'' c''$  apparaît, sans plus, sur la glace dépolie  $d^1$  de l'appareil.

L'appareil représenté schématiquement fig. 20 permet des transformations comprises dans des limites beaucoup plus étendues. Il ressemble quant à sa forme générale, à l'appareil de la fig. 19 : il n'en diffère qu'en ce que les deux plans d'images M A et M B peuvent être déplacés, de grands angles et peu ou beaucoup par rapport au plan d'objectif M O, le long de la circulaire T<sup>1</sup>. Leur axe de rotation commun M est dit « l'axe de transformation ». Le système empêchant la pénétration de la lumière est réalisé de manière à permettre de grandes modifications de dimension (soufflet, etc.). Le fonctionnement de cet appareil est le même que celui du précédent, mais il possède un champ de transformation plus grand.

L'appareil de la fig. 21 est à nouveau construit seulement pour des transformations de valeur absolument déterminée et petites, mais pour des images de plus

grand format que celui de la fig. 19. Il a extérieurement la forme d'un prisme quadrangulaire. Les plans  $MA$  et  $MB$  se coupent et coupent le plan d'objectif  $MO$  suivant une même droite ( $M$ ) extérieure à l'appareil. Le plan d'objectif peut être mû à l'intérieur de l'appareil sur de petites circulaires  $T^1$  qui ont leur centre sur  $M$ . Son fonctionnement est analogue à celui des deux précédents.

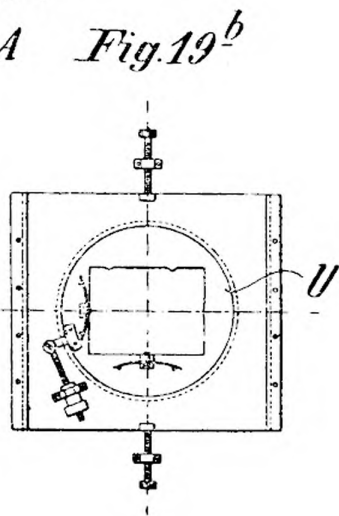
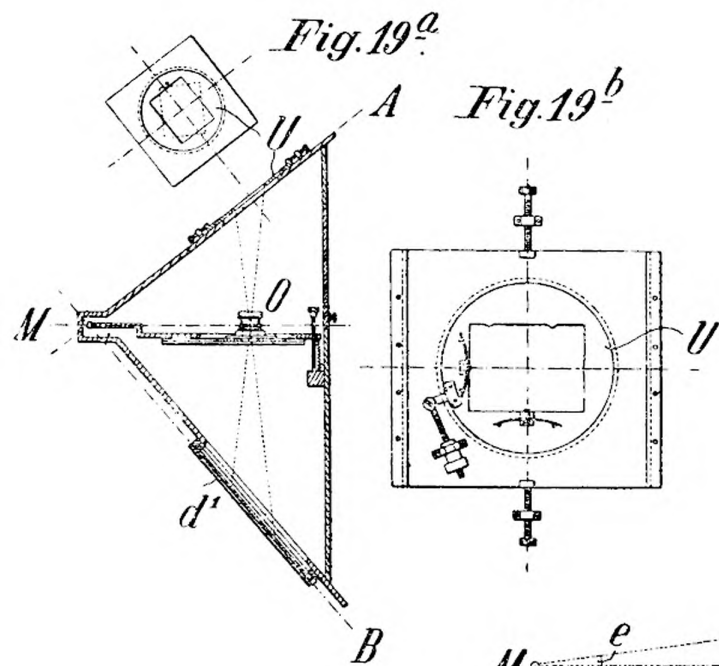
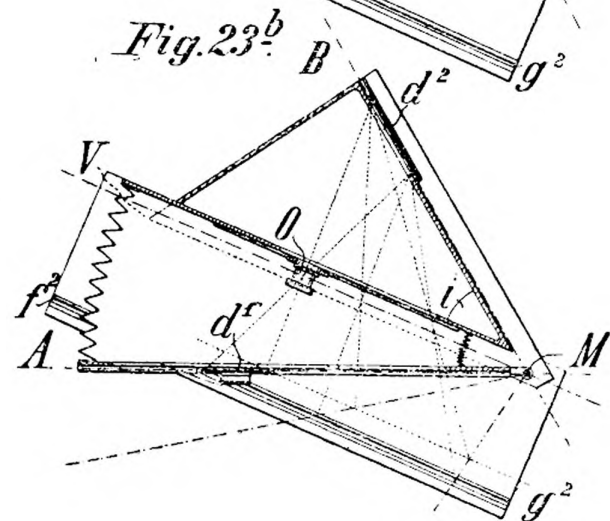
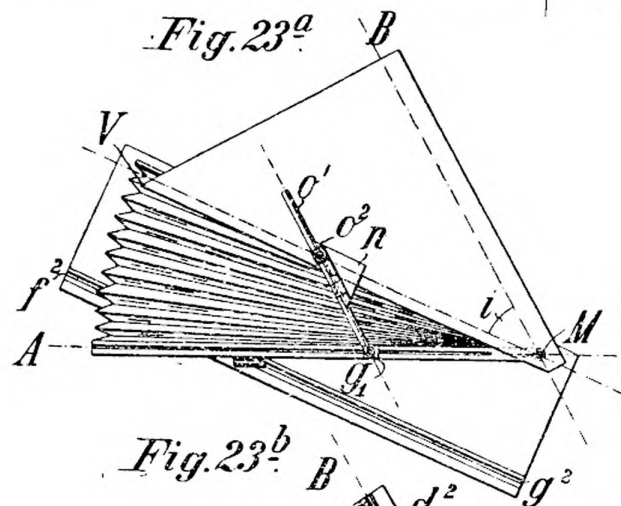
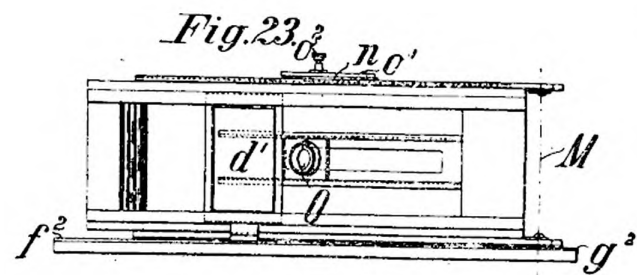
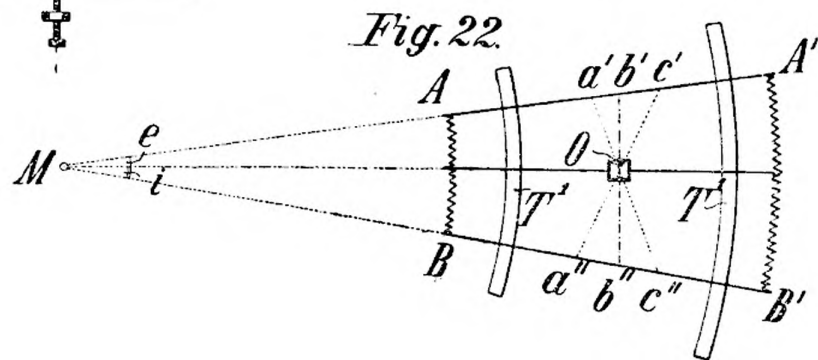
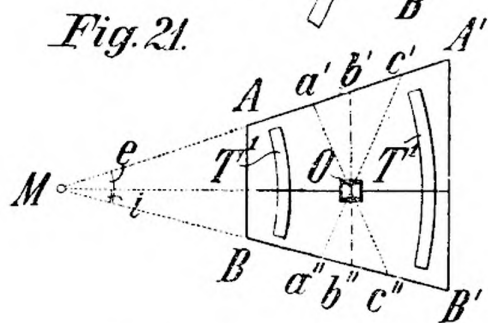
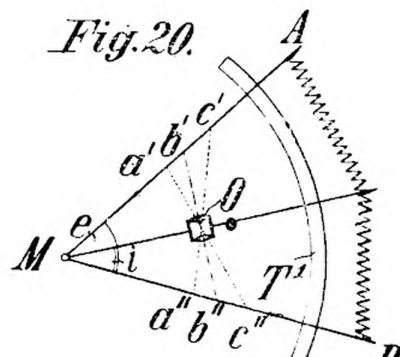
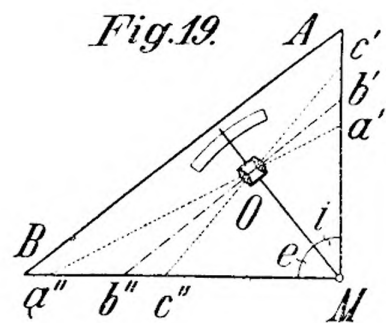
La fig. 22 représente un appareil qui permet, de nouveau, des transformations d'images comprises dans des limites assez étendues. Il ressemble, quant à sa forme générale, à l'appareil de la fig. 21, mais les parois  $A A^1$  et  $B B^1$  sont reliées par des soufflets, etc., et sont ainsi rendues mobiles. Les parois  $A A^1$  et  $B B^1$  peuvent être déplacées, de grands angles, et peu ou beaucoup, par rapport à la cloison porte-objectif  $MO$  le long de circulaires  $T^1$  qui ont leur centre sur  $M$  est en dehors de l'appareil. Le fonctionnement de ce dernier est analogue à celui des deux précédents.

Dans les appareils précédents (fig. 19, 20, 21 et 22) l'original  $a' b' c'$  peut, ainsi que l'objectif  $O$  et l'image projetée  $a'' b'' c''$  elle-même, être déplacé peu ou beaucoup dans des limites très étendues et perpendiculairement à l'axe de rotation  $M$ , dans des glissières *ad hoc*; ces déplacements peuvent être mesurés à l'aide de divisions dont les zéros sont sur l'axe de transformation  $M$  d'appareil. L'original est, en outre, monté sur un disque rotatif  $U$ , permettant d'imprimer des rotations grandes ou petites à cet original autour d'un axe perpendiculaire au plan d'image correspondant  $A$  ou  $B$ . Des divisions gravées le long des glissières, et dont les zéros sont sur l'axe de transformation  $M$ , ainsi que des cercles gradués pour mesurer les angles  $e$  et  $i$  dont on a fait tourner les parois, permettent la détermination rigoureuse des distances des contre-axes à l'axe de collinéation, de la distance de l'objectif à ce même axe, et des angles  $e$  et  $i$  que forment les plans d'images avec le plan d'objectif.

Le type d'appareil auquel appartiennent les quatre appareils ci-dessus et qui est caractérisé par le fait que, par suite de la construction, les plans d'images et le plan d'objectif se coupent effectivement en tout temps suivant une même droite, permet exactement, comme les appareils à chariot, l'emploi d'une commande rendant possible la réalisation permanente même de la seconde condition de clarté de l'image et l'obtention d'un dispositif qui donne des images d'une clarté constante et qui facilite, par suite, considérablement le travail.

Dans ce qui suit, on trouvera la description de deux modes d'exécution de ces appareils.

Celui que représentent les fig. 23, 23<sup>a</sup> et 23<sup>b</sup> consiste en un prisme creux triangulaire  $MBV$  dont l'angle dièdre  $i$  formé en  $M$  (axe de collinéation) peut être quelconque. Dans la paroi  $MV$  se trouve un objectif photographique  $O$  pouvant coulisser dans les deux sens dans un guide rectiligne; sur la paroi  $MB$  peut être montée une glace dépolie, ou un châssis ou un diapositif  $d^1$ . L'arête  $M$  forme aussi l'axe de rotation d'une paroi  $MA$  pouvant tourner reliée par un soufflet opaque  $y$  adapté à la paroi  $MV$  du prisme et comportant sur toute sa longueur un guide rectiligne destiné à recevoir une glace dépolie, un châssis ou un diapositif  $d^2$ . Le mouvement de rotation de la paroi  $MA$  est rendu solidaire du mouvement de va-et-vient de l'objectif  $O$  sur la paroi  $MV$ , et l'interdépendance est réalisée de telle sorte que la





distance  $Og_1$ , qui sépare le centre optique (premier point nodal) de l'objectif du contre-axe ( $g^1$ ) situé dans le plan M A, couche sensible, mesurée parallèlement à la paroi M B, reste constamment égale  $\left(Og_1 = \frac{F}{\sin i}\right)$ .

Le dispositif qui sert à réaliser cet effet consiste en un triangle rectangle  $n$  relié à demeure à l'objectif O, semblable au triangle M V B et qui coulisse, par son côté de l'angle droit le plus long, dans un guidage rectiligne pratiqué le long de la paroi M V, et aussi en une articulation  $g_1$ , pouvant coulisser dans une rainure de guidage formée dans le plan M A et entraînant ainsi ce plan d'image de même que le porte-image  $d^1$  (glace dépolie, châssis, cadre) dans tous les mouvements de l'objectif O.

En vue de rendre possible le réglage, l'articulation  $g_1$  n'est pas fixée directement au triangle  $n$  mais à l'extrémité d'une règlette  $o^1$  que l'on peut faire coulisser le long de l'hypoténuse du triangle  $n$  et fixer par une vis  $o^2$ .

Comme on peut facilement le concevoir, ce système d'intercommande peut être réalisé de bien des façons différentes; l'angle dièdre  $i$  pouvant, en outre, avoir diverses grandeurs et même être variable, il est de règle générale pour ce système d'intercommande que les contre-axes, c'est-à-dire les droites d'intersection des plans menés par les points nodaux optiques ( $h_1, h_{11}$ ) de l'objectif parallèlement aux plans d'images A et B avec les plans d'images, doivent être contenus dans les plans focaux de l'objectif O.

En outre, l'axe de collinéation M, c'est-à-dire l'arête M du prisme, peut, au lieu d'être réelle comme dans le présent exemple, n'être qu'imaginaire, si, faute de place, il ne peut être conservé sur l'appareil.

De même, il n'est qu'accessoire pour le principe de l'appareil, que les porte-images  $d^1, d^2$  (glace dépolie, châssis ou cadre diapositif) soient montés à demeure sur les parois M A et M B, ou qu'ils puissent coulisser soit dans le sens de l'axe de collinéation M, soit perpendiculairement à ce dernier, ou encore qu'ils soient agencés de façon à pouvoir tourner autour d'axes perpendiculaires aux plans d'images. De semblables appareils ne sont pas seulement propres aux transformations affines mais encore aux transformations projectives de toutes sortes.

Si l'on projette une image du plan M A sur le plan M B et ensuite, après déplacement de l'objectif O et du plan M A, sur ce dernier, les deux images du plan M A, la dimension dans le sens de l'axe M restant la même, sont affines *rectangulairement* si l'image sur le plan M B (image intermédiaire) est restée exactement à la même place dans les deux opérations.

Les deux images du plan M A sont, au contraire, affines *obliquement* l'une par rapport à l'autre, si l'image intermédiaire de M B a été déplacée dans le sens de l'axe M. Elles sont enfin *projectives ordinaires* si l'image intermédiaire a été déplacée perpendiculairement à l'axe M.

On obtient une transformation projective ordinaire simple lorsqu'on n'exécute que l'une des deux opérations et que l'on projette de M A sur M B ou inversement de M B sur M A; au contraire, on obtient des transformations projectives compliquées, à axes de collinéation se coupant ou se croisant, lorsqu'on a fait

tourner l'image intermédiaire autour d'un axe perpendiculaire au plan de cette image intermédiaire M B.

Il est encore avantageux de rendre interdépendants non seulement les mouvements de rotation des plans d'images M A et M B et ceux de l'objectif O, mais aussi ces derniers et les mouvements de translation des porte-images  $d^1 d^2$ .

Ceci peut s'obtenir très facilement en donnant à un point quelconque, par exemple à un élément du porte-image  $d^1$ , un mouvement forcément parallèle au plan de l'objectif (par exemple à l'aide d'un guide rectiligne  $f^2 g^2$  parallèle au plan d'objectif M V, formé à une distance quelconque de ce plan ou en rattachant le porte-image  $d^1$  à l'articulation  $o^1$ ).

L'appareil décrit est basé sur le fait énoncé que l'angle  $i$  que forme l'un des plans d'images M B avec le plan M V peut être maintenu constant et construit invariable. Ceci limite naturellement le pouvoir d'utilisation de cet appareil et il y a intérêt à posséder une construction de la commande permettant de rendre rotatifs les deux plans d'images. L'appareil en forme de livre, représenté sur les fig. 24, 24<sup>a</sup> et 24<sup>b</sup>, et qui comporte à la fois des plans d'images rotatifs et une commande à entraînement forcé, répond à ce desideratum.

Ledit appareil est disposé de la façon suivante :

Le socle sur lequel il est monté porte, à des distances du plan d'objectif O M égales au double de la distance focale (2 F) de l'objectif employé et de chaque côté de celui-ci, un guide rectiligne  $f^2 g^2$  et  $h^2 k^2$ , avec commande à vis J ou J<sup>1</sup>, guide dans lequel peut aller et venir un écrou K ou K<sup>1</sup>. Ces deux écrous K et K<sup>1</sup> portent chacun une douille de guidage articulée L L<sup>1</sup>, et dans celles-ci coulisser les deux extrémités d'un levier à deux branches E dont le point d'articulation se trouve sur la verticale du centre optique de l'objectif O et au-dessous de ce dernier, levier qui oblige les deux écrous et l'objectif à rester en tout temps en ligne droite. D'autre part, sur ces deux mêmes écrous sont articulés des coulis-seaux pouvant se déplacer dans des guides rectilignes  $r s$  et  $v w$  des parois M A et M B qui peuvent tourner autour de l'axe de transformation commun M de l'appareil, et entraînant les porte-images  $d^1 d^2$ , lesquels peuvent coulisser sur lesdites parois. Le fonctionnement de cet appareil se comprend très facilement qu'on a vu son mode de construction. Chacune des vis J ou J<sup>1</sup> ayant beaucoup de frottement ne peut jamais dévier et ne peut fonctionner que de façon active. Ce sera par conséquent toujours celui des écrous K ou K<sup>1</sup> qui n'est pas actionné par sa vis qui formera le point d'appui et de rotation pour la commande tout entière. Si, par conséquent, on fait d'abord fonctionner la commande pour modifier l'angle  $e$  que doit former le plan M A de l'original avec le plan d'objectif M O et pour lui donner la valeur qu'il doit avoir, ce pourquoi on n'a pas du tout besoin de s'occuper de la deuxième vis J<sup>1</sup>, une fois ce réglage fait, on n'a plus qu'à effectuer celui de l'angle  $i$  que doit former le plan M B de la transformation avec M O, en agissant sur la deuxième vis J<sup>1</sup>. En même temps, l'objectif O lui aussi est venu automatiquement à la place voulue ; les images sont claires et présentent la transformation désirée.

Toute modification affine peut être considérée comme la somme ou la différence de deux ou plusieurs transformations projectives. L'image intermédiaire, n'ayant

souvent aucune valeur pratique, sa confection exigeant du temps et des précautions, et constituant elle-même une source d'erreurs non négligeables, il vient de suite à l'esprit de réaliser d'un seul coup la transformation affine désirée en mettant à la suite l'un de l'autre deux appareils. Le problème de l'obtention directe des transformations affines sans fixation d'une image intermédiaire est toujours lié à la condition que les contre-axes, appartenant aux deux systèmes optiques, de l'image intermédiaire, coïncident. Ceci peu cependant être obtenu de bien des façons différentes et par exemple :

1° Par collinéation de deux systèmes optiques l'un sur l'autre, c'est-à-dire en les disposant de telle sorte que leurs plans focaux coïncident. Toute image plane ne peut être reproduite qu'affinement par une semblable combinaison, puisque le plan de l'image intermédiaire ne peut rencontrer le plan focal commun que suivant une droite. Le rapport de dimension des deux images affines dépendant toujours du rapport des distances des axes de collinéation des deux systèmes d'images au contre-axe commun, ce dit rapport de dimension est ici fixé par le rapport des longueurs focales des deux systèmes optiques.

2° En amenant à se recouvrir le plan focal de l'un des systèmes optiques et le contre-plan du second, et en s'arrangeant de plus pour que le contre-plan du premier système et le plan focal du second se coupent suivant une même droite contenue dans ce dernier plan, commun aux deux systèmes optiques. Dans ce cas, toutes les images dont le plan est parallèle au contre-plan du premier système seront reproduites affinement et les images transformées affinement seront situées dans des plans parallèles au contre-plan du second système. Mais tant que les distances des axes de collinéation des deux systèmes d'images au contre-axe commun seront variables, la dimension de l'image affine variera aussi.

3° En donnant aux deux systèmes optiques la possibilité de former l'un par rapport à l'autre un angle quelconque.

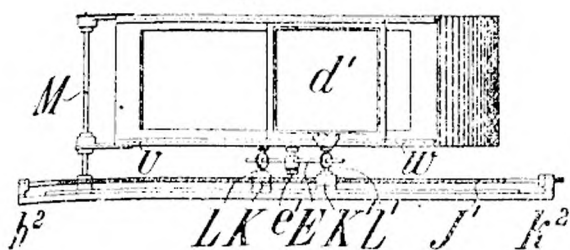
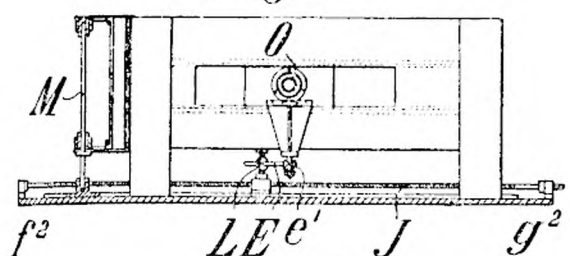
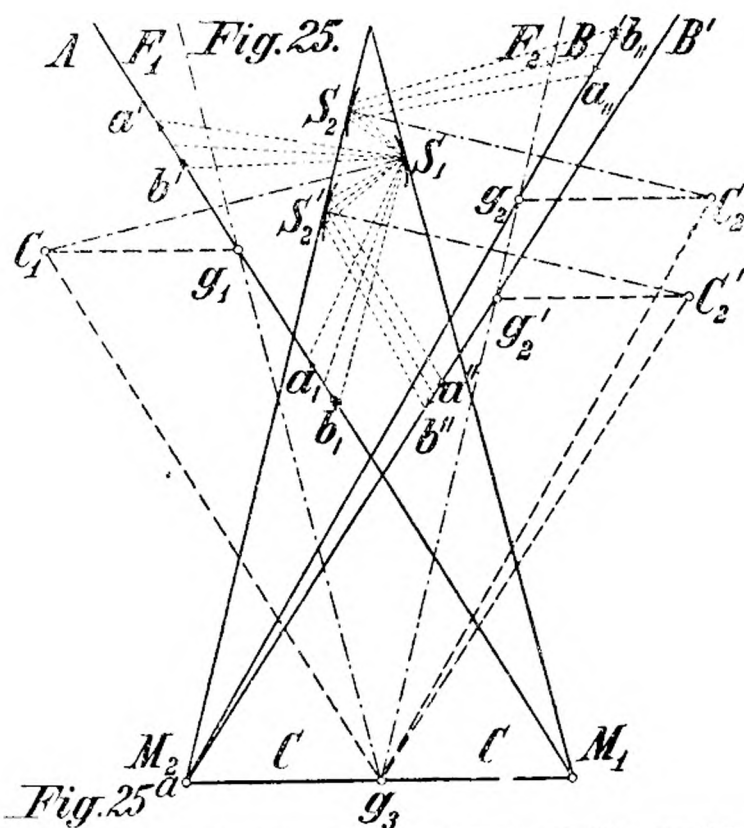
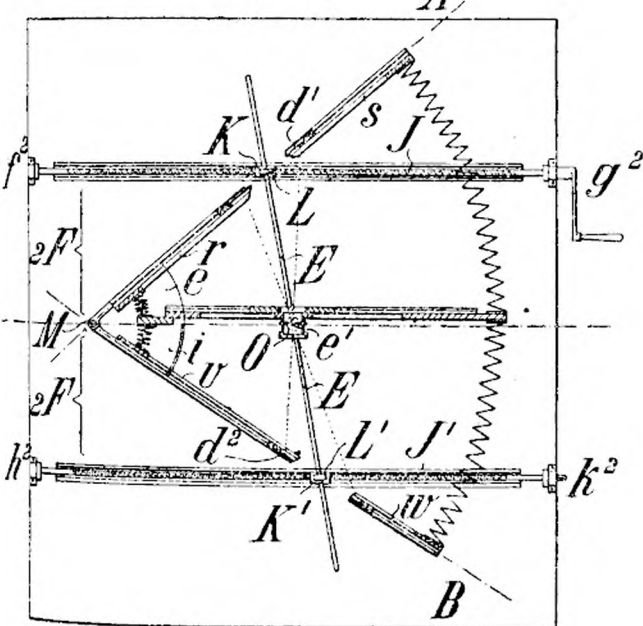
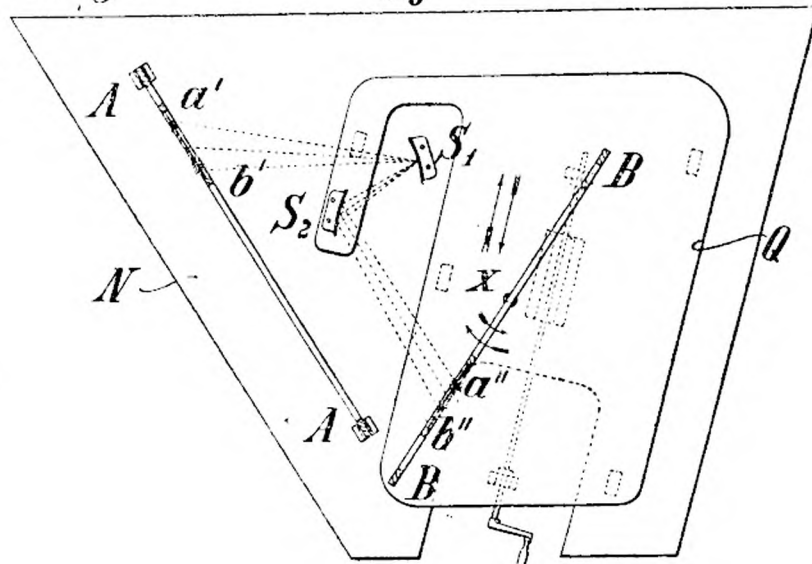
Les contre-axes de l'image intermédiaire devant coïncider et de plus être situés dans les plans focaux des deux systèmes optiques, il ne peut y avoir image affine que quand la droite d'intersection des deux plans focaux devient le contre-axe commun de l'image intermédiaire. Il s'ensuit que c'est par la position relative des deux systèmes optiques l'un par rapport à l'autre que la position des deux contre-plans est déterminée dans l'espace et avec elle l'orientation des plans d'images qui leur sont parallèles, si tant est que l'on veut obtenir une image affine directe. Si les deux systèmes optiques sont reliés à demeure, cette orientation des plans d'images est invariable dans l'espace. Si la position relative des deux systèmes optiques se modifie, que ce soit par rotation ou par translation parallèle, les contre-plans tournent et avec eux les plans d'images.

C'est sur ces considérations que sont basés les modes d'exécution ci-après d'appareils donnant directement des modifications affines.

L'appareil des fig. 25 et 25<sup>a</sup> comprend deux miroirs concaves  $S_1$  et  $S_2$  montés sous un angle fixe l'un par rapport à l'autre et dont l'un ( $S_2$ ) peut coulisser le long du plan osculateur de son sommet. Grâce à cette disposition, le contre-axe  $g_3$  de l'image intermédiaire est invariablement l'intersection des deux plans focaux  $F_1$  et  $F_2$ , et est fixe dans l'espace. De même pour le contre-plan  $C_1/g_3$  du miroir fixe  $S_1$ .

Le contre-plan  $C_2g_3$  du miroir mobile  $S_2$  tourne dans des limites restreintes autour du contre-axe  $g_3$ . Si l'on veut simplement obtenir des reproductions de grandeur naturelle, le plan  $C$  de l'image intermédiaire doit être divisé par  $g_3$  de telle façon

Fig. 24.

Fig. 24<sup>a</sup>Fig. 24<sup>b</sup>Fig. 25<sup>a</sup>

que  $M_1g_3 = M_2g_3$ , c'est-à-dire de manière que les distances des deux axes de collinéation au contre-axe soient égales.

Mais de la sorte, le plan  $A$  de l'original  $a' b'$  est tout à fait immuable, parce que ce plan doit être mené parallèlement au contre-plan  $C_1g_3$  par l'axe de collinéation  $M_1$ , est le plan de l'image affine est déterminé par le plan qui est mené par l'axe de collinéation  $M_2$  parallèlement au contre-plan  $C_2g_3$ . Ce plan de l'image affine ne peut tourner comme le contre-plan  $C_2g_3$  que dans des limites restreintes.

La fig. 25 est le schéma de la marche des rayons pour deux positions du miroir  $S_2$ ; la fig. 25<sup>a</sup> montre schématiquement aussi une façon de réaliser l'appareil.



Le miroir  $S_1$  et le porte-image  $A$  de l'original  $a' b'$  sont montés à demeure sur un socle  $N$  dans les positions relatives données par la fig. 23.

Le miroir  $S_2$  et l'axe de rotation  $x$  du support  $B B$  de l'image transformée  $a'' b''$  sont, par contre, montés sur le socle-coulisseau  $Q$  de telle sorte que l'axe de rotation  $x$  se trouve dans le focal  $F_2$  du miroir  $S_2$ .

Le porte-image  $B B$  peut tourner autour de l'axe  $x$  d'une faible quantité.

Le socle du miroir  $S_1$  et celui du miroir  $S_2$  sont reliés l'un à l'autre de telle sorte que le miroir  $S_2$  et l'axe  $x$  puissent être déplacés par rapport à  $S_1$  parallèlement au plan du sommet du miroir  $S_2$ .

Le cadre de l'original  $a' b'$  peut être déplacé librement le long de  $A A$  et celui de la reproduction  $a'' b''$  le long  $B B$ .

L'imperméabilité de l'appareil tout entier à la lumière est réalisée par des soufflets ou par d'autres moyens *ad hoc*.

Pour l'emploi, on installe l'original dans son support  $A A$  de manière qu'une image se produise sur  $B B$ , image qui peut être rendue claire par rotation de  $B B$  autour de l'axe  $x$ . En faisant coulisser le miroir  $S_2$  et l'axe  $x$ , à l'aide de la vis de commande à ce destinée et en maintenant constante la clarté de l'image par une nouvelle rotation de  $B B$ , on obtient la transformation affine voulue.

La fig. 26 représente un appareil où sont combinés une lentille et un miroir; elle donne en même temps un exemple d'une disposition dans laquelle l'un des plans focaux de l'objectif est amené à coïncider avec le contre-plan du miroir. En outre, grâce à ce que ce ne sont pas seulement les contre-axes mais aussi les axes de collinéation de l'image intermédiaire qui sont communs dans les deux systèmes d'images, et que par suite la distance de l'axe de collinéation aux contre-axe est égale dans les deux systèmes d'images, on obtient la constance de dimension comme pour une reproduction grandeur nature.

L'appareil est semblable, quant à sa forme extérieure, à celui de la fig. 23. A l'endroit où, dans ce dernier, l'image intermédiaire est prise photographiquement, est monté, par contre, un miroir sphérique concave. Dans la paroi  $M V$  de la caisse  $M V B$  est monté l'original  $a' b'$ , de telle façon qu'il puisse y recevoir un mouvement de translation et autre de rotation, ceci grâce à un disque qu'on peut faire tourner. Sur la paroi  $M B$  est monté le miroir concave  $S_1$  de manière que  $M B$  coïncide avec le plan osculateur de son sommet. Ce même miroir renvoie l'original  $a' b'$  et en donne dans le plan  $M D$ , une image aérienne  $a''' b'''$  plus petite, renversée et transformée projectivement. Cette image aérienne est reçue par l'objectif  $O$ , pouvant également coulisser sur  $M V$ , et est projetée par lui sur le plan  $M A$ . L'image  $a' b'$  produite en cet endroit même est une transformation affine directe de l'original  $a' b'$ . En faisant coulisser l'original  $a' b'$  et l'objectif  $O$ , on peut modifier le degré d'affinité. La droite reliant le centre du miroir et celui de l'objectif détermine la direction des rayons d'affinité.

Le plan d'image  $M A$  tourne autour de la droite d'intersection commune ( $M$ ) des quatre plans  $M V$ ,  $M D$ ,  $M A$ .

Le plan  $M A$  est, comme dans l'appareil de la fig. 23, entraîné obligatoirement dans tous les mouvements de l'objectif  $O$ . Grâce à quoi, on obtient également une image constamment claire.



Les fig. 27, 27<sup>a</sup> et 27<sup>b</sup> représentent une combinaison de deux miroirs collimatés l'un sur l'autre, c'est-à-dire placés de telle façon l'un par rapport à l'autre que leurs plans focaux coïncident. Le rapport des longueurs focales des deux systèmes optiques est 1 : 1. Par suite, il se fait ici aussi la transformation affine grandeur nature.

Les deux miroirs collimatés l'un sur l'autre sont montés dans une caisse qui contient les supports de l'original  $a' b'$  et de l'image  $a'' b''$  à modifier affinement, supports qui peuvent être tournés autour des axes de rotation parallèles  $x$  et  $y$  situés dans le plan focal des miroirs. L'éclairement de l'original  $a' b'$  se fait par  $H$ . Les rayons traversent un diaphragme et tombent sur le miroir  $S_1$  qui les projette, en créant une image intermédiaire, dont il n'y a pas lieu de tenir compte, sur le miroir  $S_2$ , qui les réunit à nouveau en une image  $a'' b''$  transformée affinement.

Si le lieu géométrique de l'original est, pour toutes les positions possibles de ce dernier, un cylindre circulaire, le lieu géométrique de toutes les positions et grandeurs possibles de l'image modifiée affinement est, comme on le voit fig. 27, un cylindre elliptique allongé.

Si l'on rend solidaire le mouvement de rotation des deux porte-images  $a' b'$  et  $a'' b''$  par une commande à entraînement forcé, de telle sorte que leurs plans d'images se coupent avec un plan, supposé mené par les centres de courbure  $C_1$  et  $C_2$  des deux miroirs  $S_1$  et  $S_2$  parallèlement aux axes de rotation  $x$  et  $y$ , toujours suivant la même droite, on obtient encore avec cet appareil la constance de la clarté d'image.

C'est ce que l'on peut voir sur la fig. 27<sup>a</sup>.

Le plan de l'image intermédiaire ( $M_1 M_2$ ) doit toujours rester parallèle aux deux contre-plans  $C_1 x$  et  $C_2 y$ .

Comme :

$$M_1 M_2 = 2C_1 x = 2C_2 y,$$

et que

$$\Delta M_1 M_2 M_2^1 \hookrightarrow \Delta C_1 x M_2^1,$$

on a :

$$C_1 M^2 = C_1 M_2^1.$$

Comme :

$$\Delta M_1 M_2 M_1^1 \hookrightarrow C_2 y M_1^1,$$

on a :

$$C_2 M_1 = C_2 M_1^1.$$

Comme en outre :

$$\Delta C_2 M_1^1 m^1 \hookrightarrow \Delta C_1 M_2 m^2,$$

on a :

$$C_2 M_1^1 : C_1 M^2 = C_2 m^2 : C_1 m^2, \\ (C_2 M_1^1 - C_1 M^2) : C_1 M_2 = C_1 C_2 : C_1 m^2.$$

De même :

$$\Delta C_2 M_1 m^1 \hookrightarrow \Delta C_1 M_2^1 m^1.$$

d'où

$$C_2 M_1 : C_1 M_2^1 = C_2 m^1 : C_1 m^1,$$

En outre :

$$(C_2 M_1 - C_1 M_2^1) : C_1 M_2^1 = C_1 C_2 : C_1 m^1.$$

Comme :

$$C_2 M_1^1 - C_1 M_2 = C_2 M_1 - C_1 M_2^1,$$

on a aussi :

$$C_1 m^1 = C_1 m^1 = C_1 m.$$

Ce point  $m$  peut, de nouveau, très facilement, être déterminé à la construction, comme le montre la fig. 27<sup>a</sup>.

Si l'on adapte au-dessous ou au-dessus de l'appareil, dans le plan mené par les centres de courbure  $C_1$  et  $C_2$ , parallèlement aux axes de rotation  $x y$ , une tige filetée  $J$  qui fait aller et venir un écrou  $K^1$  dans un guide en queue d'hironde, si, de plus, on fait porter à cet écrou  $K^1$  deux articulations guides  $L$  dans lesquelles coulisent les bras  $P$  qui sont fixés sur les porte-images  $a' b'$  et  $a'' b''$  de telle façon que leurs axes se trouvent dans les plans d'images des porte-images, tout mouvement de l'écrou  $K^1$  est transformé en une rotation des deux porte-images, grâce à quoi la condition de clarté de l'image reste remplie de façon constante.

Les fig. 28 et 28<sup>a</sup>, enfin, représentent un appareil dans lequel la transformation affine des images est obtenue par une combinaison de lentilles, et où le plan focal postérieur  $F_2$  du premier système optique est amené par rotation de la lentille  $O_2$  en coïncidence avec un contre-plan  $O_2 g_3$  du deuxième système optique, et dans lequel, en outre, grâce à ce que les trois plans d'images de l'original, de l'image intermédiaire et de la reproduction affine, se coupent suivant une droite, on obtient l'invariabilité de dimension de la reproduction et en particulier une reproduction grandeur nature.

La fig. 28 donne la théorie de l'instrument, toutes les parties matérielles (lentilles, parois, etc.) étant omises.

La fig. 28<sup>a</sup>, par contre, donne schématiquement, la réalisation constructive de l'appareil.

Le télé-objectif  $O_1$ , fig. 28<sup>a</sup>, dont les plans principaux sont  $H_1$  et  $H_2$  (fig. 28) donne l'image projective  $a''' b'''$  de l'original  $a' b'$  placé obliquement.

Cette image  $a''' b'''$  est transformée en une image  $a'' b''$ , affine par rapport à l'original  $a' b'$ , avant même sa formation en virtuelle, par la lentille  $O_2$  qui peut tourner autour de l'axe  $y$  parallèle à l'axe de rotation  $x$  de l'original  $a' b'$ , mené par le foyer postérieur du télé-objectif.

Cette image virtuelle est enfin projetée par le système de lentilles  $O_3$  suivant une image réelle renversée  $a''' b'''$ , de même grandeur, sur le plan d'images  $B B$ .

Pour que la reproduction soit affine, il faut les conditions suivantes :

1° Le centre optique de la lentille rotative  $O_2$  doit coïncider avec le foyer postérieur du système antérieur  $O_1$  ;

2° Le plan focal  $f_2$  de la lentille rotative  $O_2$  doit rencontrer le contre-axe  $g_3$  de l'image intermédiaire déterminé par l'inclinaison de l'original  $a' b'$  ;

3° L'original  $a' b'$  doit recevoir une translation parallèle à lui-même l'amenant à une distance  $x h_1$  telle du télé-objectif que la droite d'intersection  $M_2$  du plan de l'objectif  $O_2$  avec le deuxième plan principal du télé-objectif  $H_2$  et la droite d'intersection  $M_1$  du plan d'image  $A$  de l'original  $a' b'$  avec le premier plan principal  $H_1$  du même télé-objectif, deviennent des droites conjuguées, optiquement parlant.

Ces trois conditions peuvent se formuler encore mathématiquement par les équations suivantes :

$$\frac{F}{\tan g e} = \frac{f}{\sin z} \quad \text{et} \quad \frac{F}{\tan g z} = \frac{x h_1}{\tan g e}$$

Fig.26.

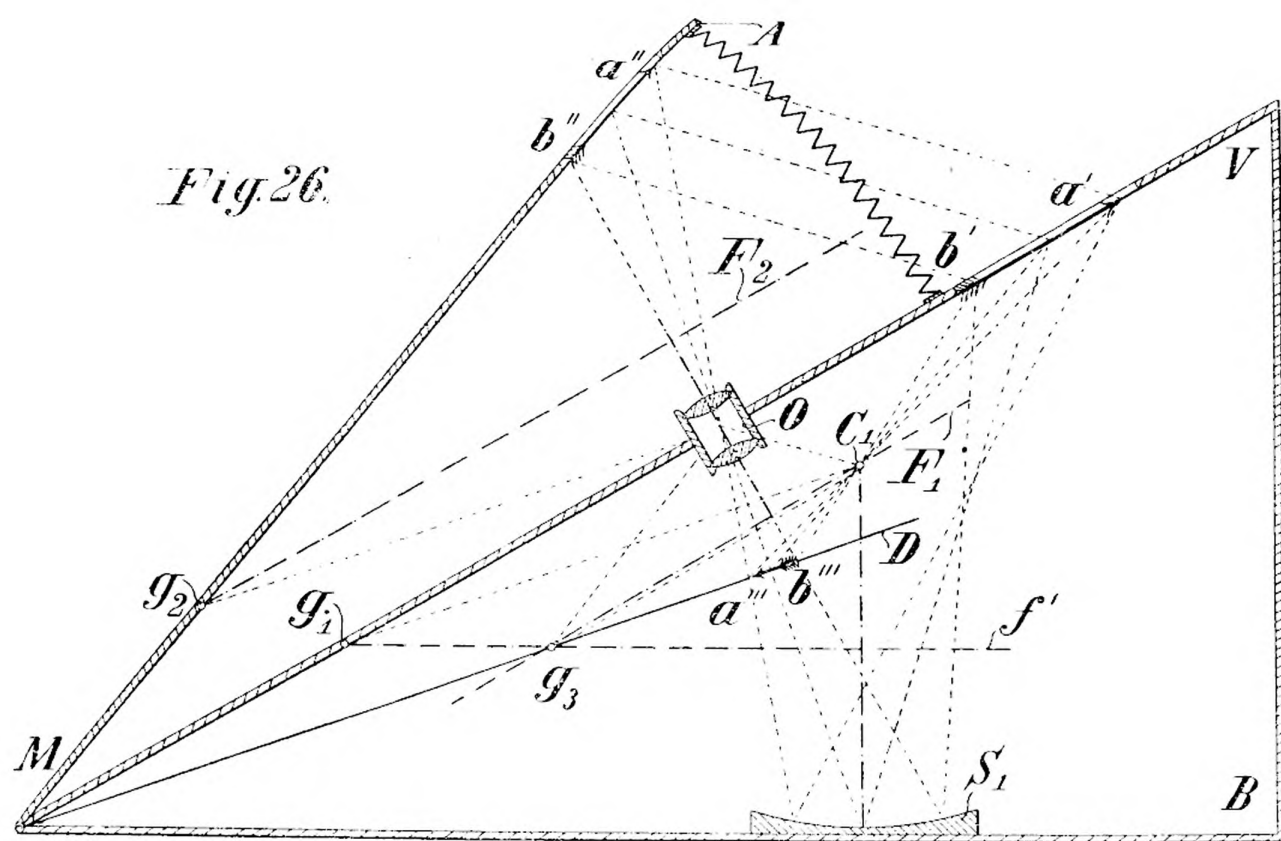
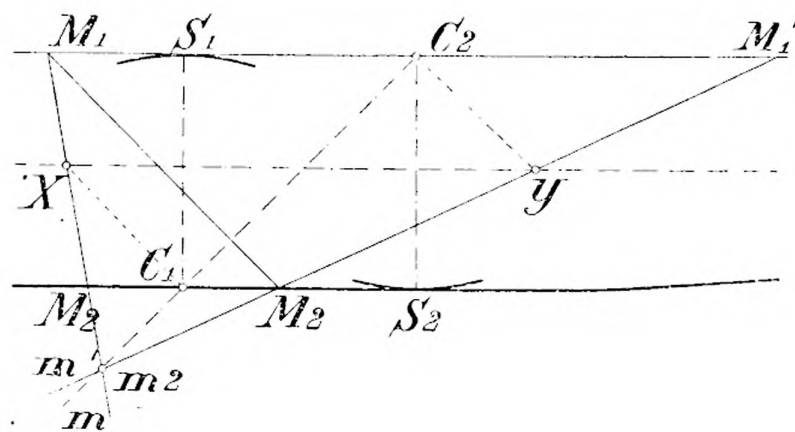
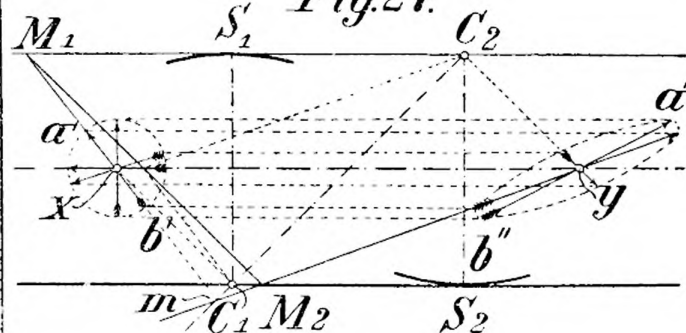
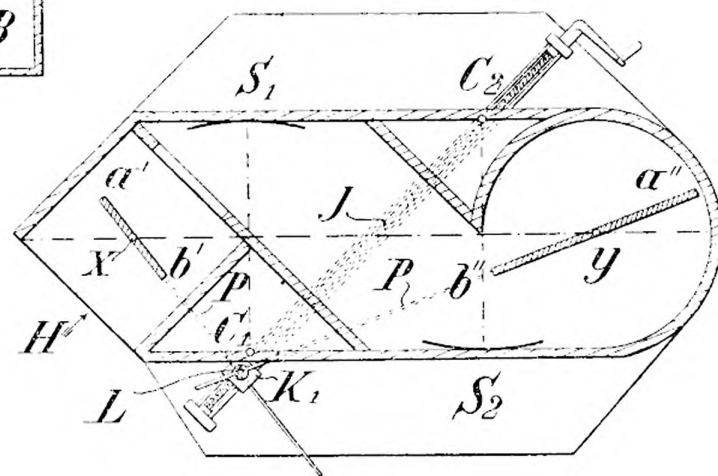
Fig.27<sup>a</sup>

Fig.27.

Fig.27<sup>b</sup>

où :

$F$  est la longueur focale équivalente du télé-objectif.

$f$  est la longueur focale de la lentille rotative.

$e$ , l'angle que forme le plan de l'original avec les plans principaux du télé-objectif.

$z$ , l'angle que forme le plan d'objectif de la lentille rotative avec les plans principaux du télé-objectif.

$x h_1$ , la distance de l'axe de rotation  $x$  de  $a' b'$  au premier point nodal  $h_1$  du télé-objectif.

En conséquence, lorsqu'on construit l'appareil, on le dispose de façon qu'il puisse s'y produire trois mouvements :

a) La lentille  $O_2$  peut tourner autour d'un axe  $y$  et les angles dont elle tourne peuvent être lus sur un cercle divisé.

b) De même l'original peut tourner autour de l'axe  $x$  et les angles dont il tourne peuvent être lus sur un cercle divisé.

c) Enfin, le cadre de l'original  $a' b'$  peut être déplacé avec son axe  $x$ , et les distances de cet axe  $x$  au premier point nodal  $h_1$  du télé-objectif  $O_1$  peuvent être lus sur une règle graduée.

Tout le reste est, en principe, fixé à demeure et ne peut être tout au plus déplacé qu'en vue du réglage.

Les systèmes optiques  $O_1$  et  $O_2$  sont des téléobjectifs pour pouvoir, en mettant à profit la circonstance que les plans principaux de semblables systèmes se trouvent très en dehors des lentilles, rapprocher autant que possible les lentilles elles-mêmes et agrandir ainsi le champ d'action.

#### RÉSUMÉ.

En résumé, l'invention porte sur un procédé et un appareil permettant de transformer de façon méthodique les images planes, photographiquement ou optiquement, à l'aide de lentilles ou de miroirs sphériques, ce procédé et cet appareil présentant les caractères essentiels indiqués ci-dessus.

T. SCHEIMPFLUG.

Par procuration :

Charles Assi.

*Le Directeur-Gérant* : CHARLES MENDEL.

# ÉTUDES ET RECHERCHES SUR LES ÉCRANS COLORÉS

Par M. F. MONPILLARD

---

En décembre 1903, j'ai eu l'honneur d'entretenir la Société française de Photographie de la question des écrans jaunes.

A ce propos, j'ai cherché à faire ressortir la nécessité de procéder à l'étude spectrophotométrique, soit des écrans eux-mêmes, soit des matières colorantes que nous proposons d'utiliser pour constituer nos écrans, et ceci en vue de nous rendre compte du pouvoir absorbant de ces écrans ou de ces matières colorantes pour les radiations de faible longueur d'onde, ainsi que de la valeur de leur luminosité pour les radiations qu'ils doivent laisser filtrer et qui devront agir sur les préparations sensibles.

Dans le cours de cette étude, j'ai été amené à montrer que ces observations au spectrophotomètre pouvaient être pour nous d'un grand secours, non seulement pour nous rendre un compte exact des propriétés optiques des matières colorantes au point de vue de leur action sur les différentes régions colorées du spectre ; mais encore, si nous procédons de telle sorte que nous puissions déterminer les courbes d'absorption correspondant à des poids déterminés d'une matière colorante donnée, répartis par unité de surface, nous serons alors en possession de précieux renseignements qui nous serviront de guide dans la préparation d'écrans présentant des propriétés déterminées à l'avance.

Nos premières observations furent effectuées sur des solutions aqueuses et titrées de matières colorantes, contenues dans des cuves ou glaces à faces parallèles et sous une épaisseur de  $10^{\text{mm}}$ . Nous servant du spectrophotomètre différentiel d'Arsonval, nous disposions devant l'une des ouvertures du photomètre la cuve contenant le liquide coloré, devant l'autre ouverture une seconde cuve semblable remplie d'eau distillée. De la sorte, l'observation portait uniquement sur la matière colorante soumise à l'étude, les effets résultant de la réflexion sur les parois de la cuve, du faisceau lumineux éclairant le photomètre, l'absorption de lumière par les parois de glace et l'eau se trouvant compensés de par le fait de la présence de la cuve à eau distillée.

Ayant de la sorte déterminé la courbe d'absorption de certaines matières colorantes jaunes, celles-ci attirant à ce moment plus particulièrement notre attention, nous avons pu constater par des essais spectrographiques que les propriétés optiques d'une solution titrée d'une matière colorante donnée, déterminées au spectrophotomètre, se trouvaient confirmées lorsque cette même solution titrée agissait comme écran dans une opération photographique ; en d'autres termes, la limite d'absorption déterminée par l'étude spectrophotométrique coïncide avec le zéro



de la couche de noircissement d'une plaque sensible exposée au spectrographe avec interposition de la cuve à liquide coloré.

Mais si, dans la pratique industrielle de la photographie, certains opérateurs utilisent des écrans liquides, la majeure partie de ceux utilisés par les amateurs et même par un grand nombre de praticiens sont des écrans secs, constitués par deux glaces parallèles collées au baume de Canada et emprisonnant entre leurs faces internes une couche transparente colorée dont l'épaisseur ne dépasse pas  $0^{\text{mm}},035$ .

Dans ces conditions, un même poids d'une même matière colorante réparti par unité de surface, présentera-t-il exactement les mêmes propriétés optiques que s'il est à l'état de solution aqueuse et agissant sous une épaisseur de  $10^{\text{mm}}$ ?

Une simple observation va nous montrer qu'*a priori* il ne doit pas en être ainsi. En effet, immergeons une plaque de verre recouverte de gélatine sèche dans une solution aqueuse de jaune naphthol par exemple et jusqu'à ce que la couche complètement gonflée soit saturée de liquide, puis observons ce qui se passe au fur et à mesure que la dessiccation s'opère; nous constatons que la coloration des régions de la plaque dont la gélatine est complètement sèche semble notablement plus saturée que celles qui sont encore gonflées et par conséquent humides; cependant nous devons admettre que le même poids de matière colorante a été absorbé par ces différentes régions de cette couche de gélatine.

Or, à une modification dans l'état de saturation de la nuance correspond une modification des propriétés de celle-ci vis-à-vis les radiations colorées du spectre.

Citons encore ce fait qu'une couche de gélatine teinte par immersion dans une solution violette, vire vers le bleu en séchant, alors que par contraste les parties humides présentent une coloration violet-rougeâtre.

Ces faits ayant à nos yeux une grande importance au point de vue de la préparation des écrans colorés, nous avons cherché à nous rendre compte des conséquences qu'ils pourraient avoir dans la pratique.

A cet effet, nous avons procédé à des études spectrophotométriques dans les conditions suivantes.

La courbe de luminosité a été déterminée pour un poids  $p$  d'une matière colorante donnée, réparti par unité de surface :

- 1° A l'état de solution aqueuse sous une épaisseur de  $10^{\text{mm}}$ ;
- 2° A l'état de couche gélatineuse étendue sur une glace :  $a$ , humide;  $b$ , sèche;  $c$ , sèche et recouverte d'une autre glace collée au baume de Canada.

Etudiant dans ces conditions une matière colorante jaune; la tartrazine chimiquement pure de Meister Lucius, répartie à raison de 0 gr. 0001 par centimètre carré, nous constatons que, si la solution absorbe toutes les radiations de faible longueur d'onde jusqu'à  $\lambda 460$  avec un maximum de luminosité en  $\lambda 510$ , l'écran sec collé absorbe jusqu'en  $\lambda 480$ , son maximum de luminosité correspondant à la longueur d'onde  $\lambda 562$  (fig. 1).

Remplaçons la lunette d'observation du spectroscopie par une chambre noire munie de son objectif et enregistrons sur une plaque orthochromatique les deux images juxtaposées, l'une résultant de la décomposition du faisceau lumineux après son passage au travers de la cuve à solution colorée, l'autre de la décom-

# COURBES DE LUMINOSITÉ DE LA TARTRAZINE

0 gr. 0001 par cent. carré de surface

a) écran sec collé.

b) solution aqueuse.

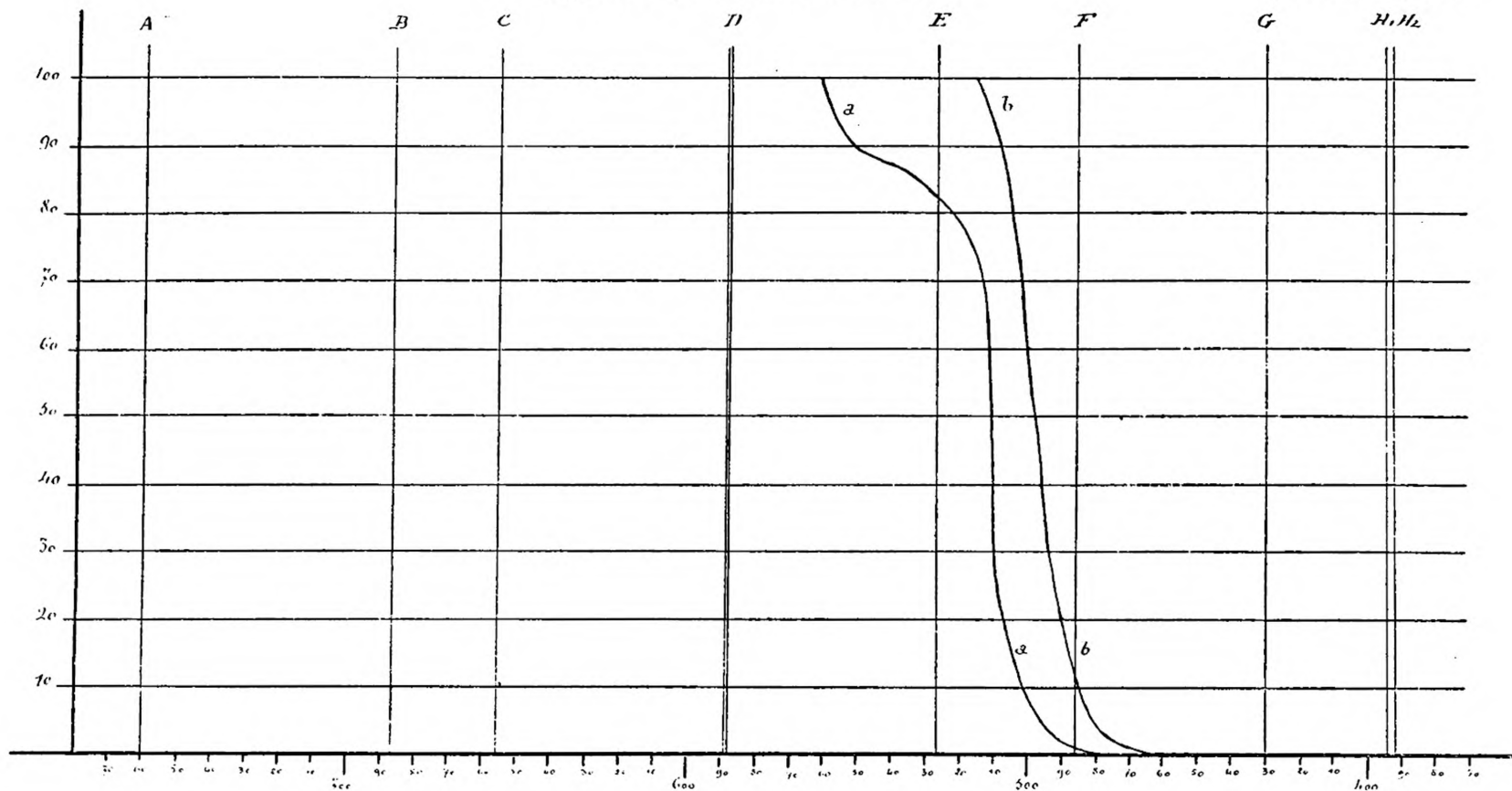


Fig. 1.

## COURBES DE NOIRCISSEMENT. — PLAQUE LUMIÈRE ORTHO A.

a) sans écran  
 b) solution aqueuse  
 c) écran sec collé  
 pose 60 s.

} TARTRAZINE  
 0.0001 par cent. carré  
 de surface.

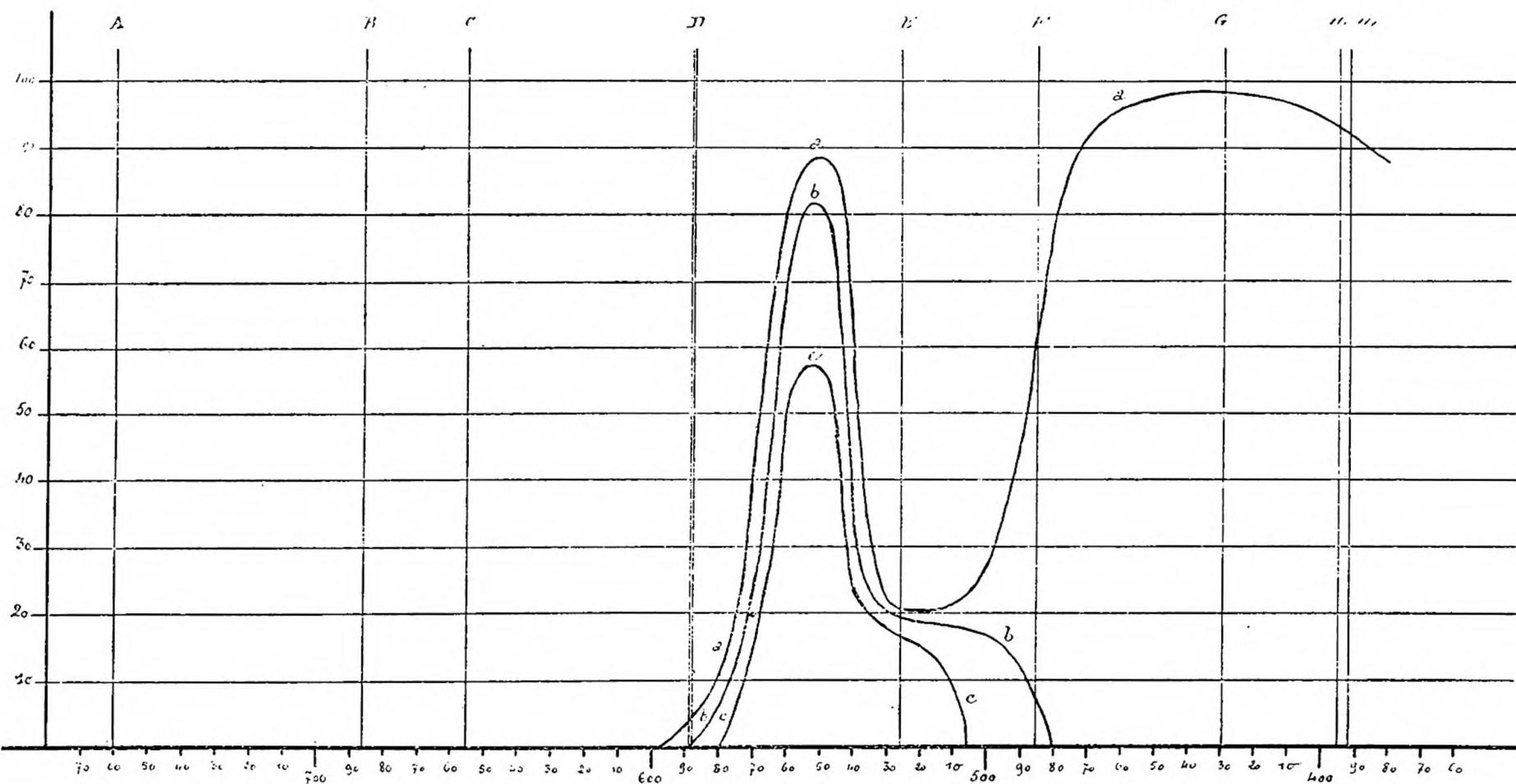


Fig. 2

position de ce même faisceau au travers de l'écran sec ; nous constatons sur les négatifs obtenus que les résultats photographiques viennent confirmer ceux donnés par l'observation directe ; en d'autres termes, le même poids de jaune naphthol réparti par unité de surface nous donne un écran absorbant une région notablement plus étendue dans le spectre quand il est à l'état de solution aqueuse (fig. 2).

### COURBES DE LUMINOSITÉ. — ÉCRAN VERT

même poids de matière colorante par cent. carré de surface.

a) solution aqueuse.

b) écran sec collé.

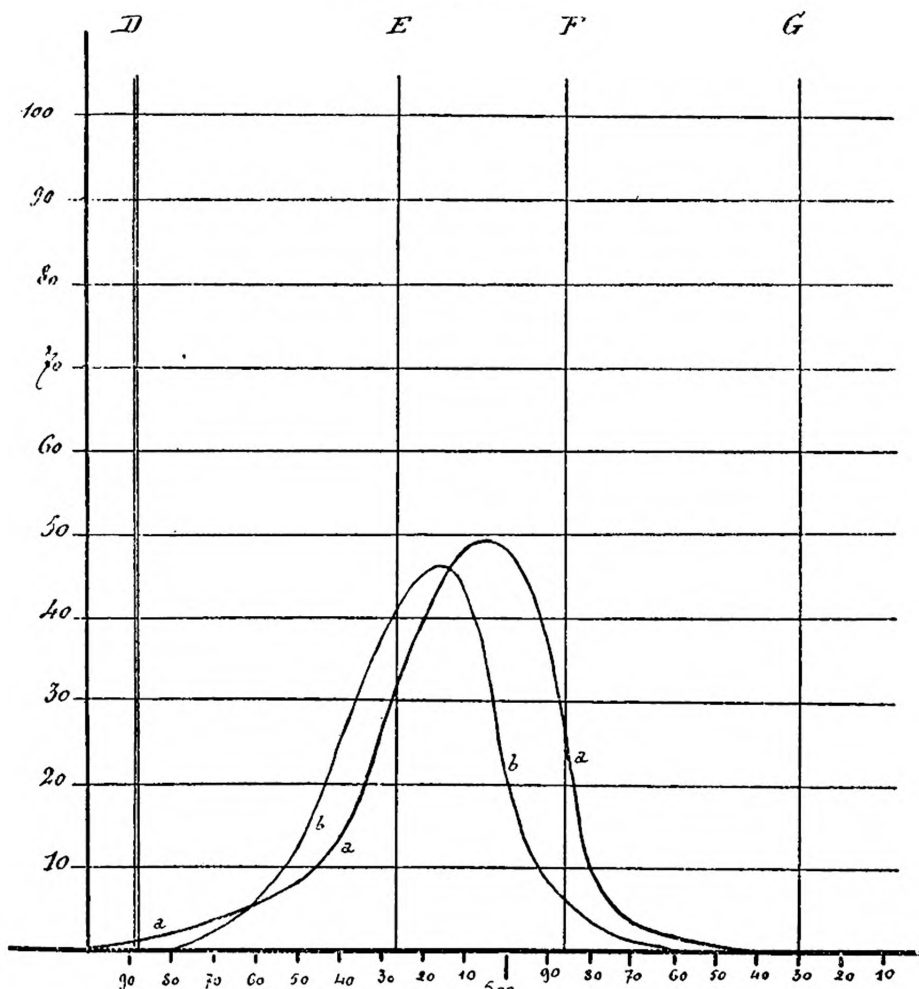


Fig. 3.

Les mêmes observations effectuées sur diverses matières colorantes nous ont mis en présence de faits du même ordre. Par exemple le maximum de luminosité d'un vert servant à établir l'un des trois écrans de sélection se trouve déplacé de  $\lambda 500$  à  $\lambda 515$ , suivant que nous étudions son spectre donné par la solution aqueuse ou par l'écran sec (fig. 3).

L'influence du baume de Canada est faible et presque négligeable pour les écrans orangés, jaunes et verts ; elle se fait sentir pour le rouge foncé, mais surtout pour

le violet en augmentant sa transparence; c'est ainsi que la luminosité d'un écran bleu violet pour sélection a passé de 38 à 45 pour 100 pour la région spectrale correspondant à  $\lambda$  430 de longueur d'onde, après collage au baume de Canada.

Nous avons enfin cherché à nous rendre compte si la gélatine servant de véhicule à la matière colorante pouvait avoir une influence quelconque; or celle-ci est absolument négligeable et l'on ne sera pas surpris, si l'on songe que cette gélatine soigneusement purifiée et absolument incolore par elle-même est répartie par centimètre carré de surface suivant une épaisseur de  $0^{\text{mm}},030$  à  $0^{\text{mm}},035$  et un poids de 0 gr. 0025 à 0 gr. 0035.

En résumé l'écueil principal auquel nous nous heurtons pour pouvoir évaluer le poids de matière colorante que nous devons répartir sur une surface donnée pour obtenir un écran possédant des propriétés optiques déterminées à l'avance, réside en ce fait que, s'il s'agit d'un écran sec, les courbes résultant d'observations spectrophotométriques effectuées sur des solutions titrées de la matière colorante choisie, ne peuvent, dans ce cas, nous donner des indications absolument précises.

En raison de ces faits, nous avons cherché à tourner la difficulté en imaginant la méthode que nous allons maintenant décrire.

Cette méthode est basée sur le principe suivant: étant donnée une solution gélatineuse, si à un volume  $V$  de cette solution nous ajoutons un poids  $P$  d'une matière colorante donnée, puis que nous étendons sur une surface  $S$  un volume  $v$  de ce liquide gélatineux coloré, nous saurons exactement quel poids  $p$  de matière colorante se trouve réparti par centimètre carré de surface. Après dessiccation, nous obtiendrons une couche de gélatine dont nous mesurerons l'épaisseur  $e$ ; à cette épaisseur, nous savons que correspond ce poids  $p$  de matière colorante.

Si maintenant nous étendons sur une autre surface plane un volume quelconque de la même solution gélatineuse colorée, nous obtiendrons après dessiccation une couche de gélatine dont l'épaisseur mesurée sera représentée par  $e'$ .

Or supposons que cette couche présente précisément les propriétés optiques que nous cherchons à obtenir pour notre écran; puisque c'est la même solution gélatineuse colorée qui nous a donné ces couches dont les épaisseurs sont  $e$ ,  $e'$ , connaissant le poids  $p$  de matière colorante, contenue par centimètre carré de surface de gélatine d'épaisseur  $e$ , il nous sera facile d'en déduire par un simple calcul le poids  $p'$  de matière colorante correspondant à une couche d'épaisseur  $e'$ , les poids étant proportionnels aux épaisseurs.

Ceci établi, voici comment nous procédons.

Sur une glace mise de niveau, nous étendons un volume déterminé d'une solution gélatineuse contenant un poids exactement connu de la matière colorante devant constituer l'écran; quand la gélatine a fait prise nous laissons sécher la couche sous un dessiccateur; celle-ci complètement sèche est enlevée sur une certaine étendue de la surface de la glace de façon à mesurer l'épaisseur de la couche de gélatine; connaissant la surface totale de notre glace, le volume de solution dont nous l'avons couverte, nous en déduisons le poids  $p$  de matière colorante qui, par centimètre carré, correspond à l'épaisseur trouvée  $e$ .

Une autre glace est recouverte de la même solution gélatineuse colorée, mais pendant que cette solution est encore fluide, nous donnons à la glace une pente



**COURBES DE LUMINOSITÉ. — ÉCRAN VIOLET**  
même poids de matière colorante par cent. carré de surface.

b') Ecran sec.  
b) Ecran sec collé au baume.  
a) Solution aqueuse.

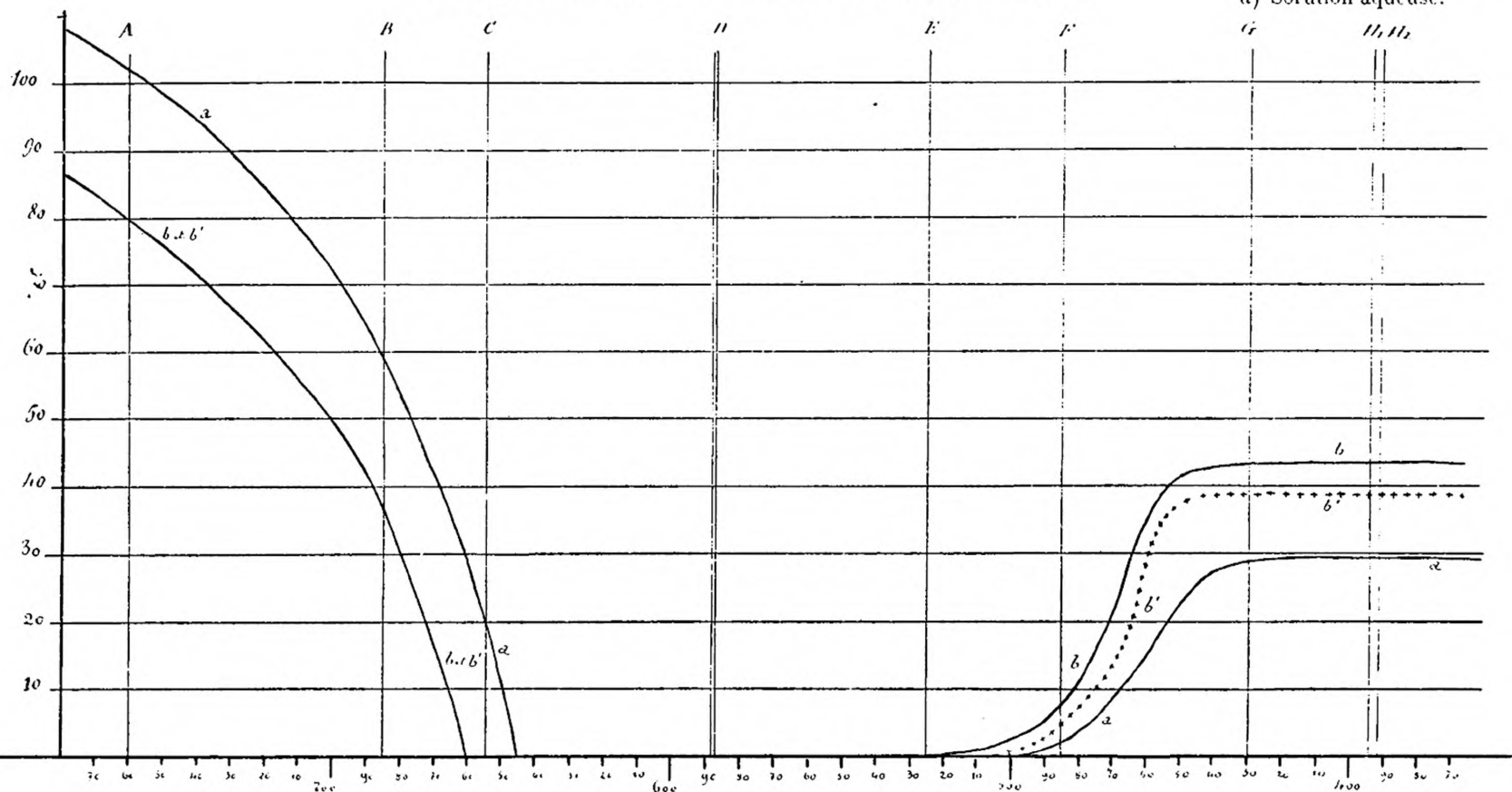


Fig. 4.

de 2 pour 100. Après dessiccation, nous obtenons ainsi une couche de gélatine d'épaisseur régulièrement variable et donnant un écran dont la coloration est d'autant plus intense que l'épaisseur est plus grande.

Cette glace est alors divisée en deux portions dans le sens de la longueur ; l'une d'elles est mise de côté, l'autre recouverte d'une glace blanche et fixée à celle-ci avec du bauma de Canada.

En opérant de la sorte, nous obtenons un écran constitué exactement de la même manière que celui que nous désirons établir, mais dans lequel les poids  $p_1, p_2, p_3, \dots$  de matière colorante varient dans la même proportion que les épaisseurs  $e_1, e_2, e_3$ , de la couche de gélatine.

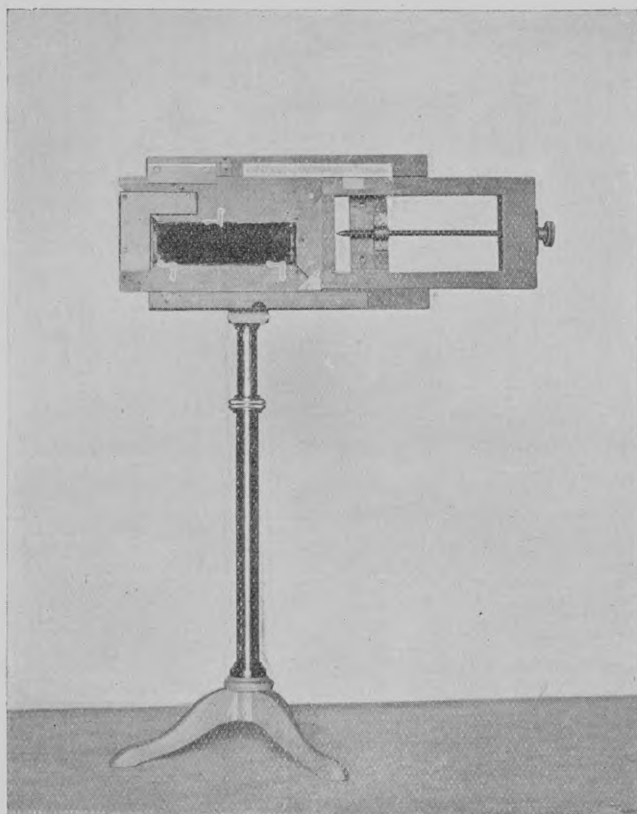


Fig. 5.

Dans ces conditions, toutes les causes perturbatrices résultant de la dessiccation de la couche, la présence du baume de Canada, se trouvent être éliminées dans les opérations qui vont suivre et qui vont avoir pour but de chercher dans cet écran l'intensité de coloration correspondant à celle que nous désirons obtenir.

Cette intensité étant caractérisée par la ou par les deux limites extrêmes d'absorption de l'écran, c'est le spectroscope qui va nous servir à les déterminer.

A cet effet, notre écran de teinte dégradée est disposé dans un appareil constitué

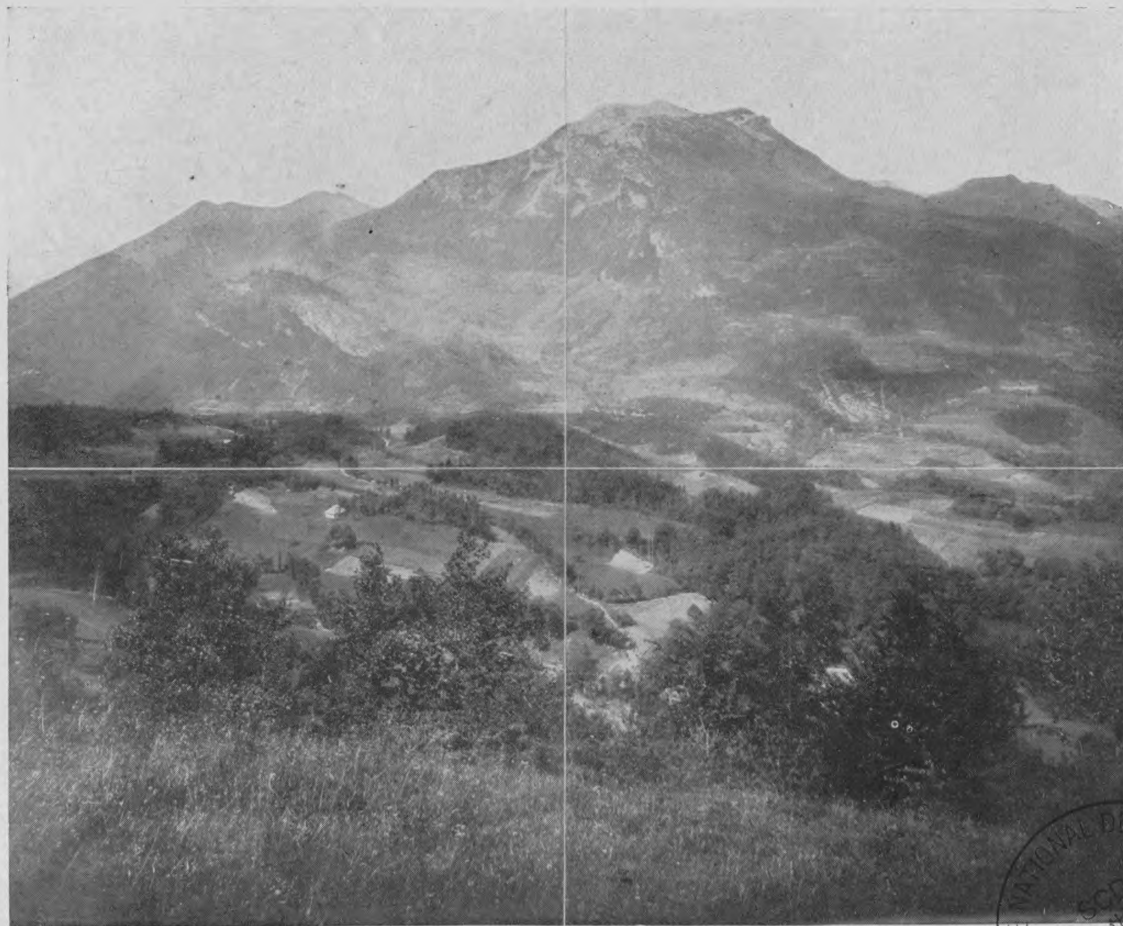




PL. IV. — La plus grande partie du plan de Buc et des environs, effectué en 1861  
d'après huit photographies prises de quatre stations seulement.



$f = 0,50$ . Amplitude du champ :  $33^\circ$



PL. V. — L'une des vues des environs de Faverges (Savoie) prises en 1866.







par un chariot mû par une vis, permettant de lui communiquer un lent mouvement de translation, dont l'étendue peut être mesurée au moyen d'un index se déplaçant devant une division fixe. Quand l'index est au 0, un ressort agissant sur une des extrémités de l'écran fait buter l'autre contre un arrêt, fixant ainsi sa position d'une manière invariable par rapport à la règle divisée (fig. 5).

Le tout est disposé devant la fente d'un spectroscopie éclairé au moyen d'une lentille cylindrique formant l'image verticale et rectiligne d'une fente disposée dans le passe-vue d'une lanterne de projection munie de son condensateur, mais dont l'objectif a été retiré. Avec ce dispositif, nous pouvons faire successivement passer devant la fente du spectroscopie les différentes régions de notre écran, éclairées par une plaque lumineuse de 2<sup>mm</sup> de largeur (fig. 6).

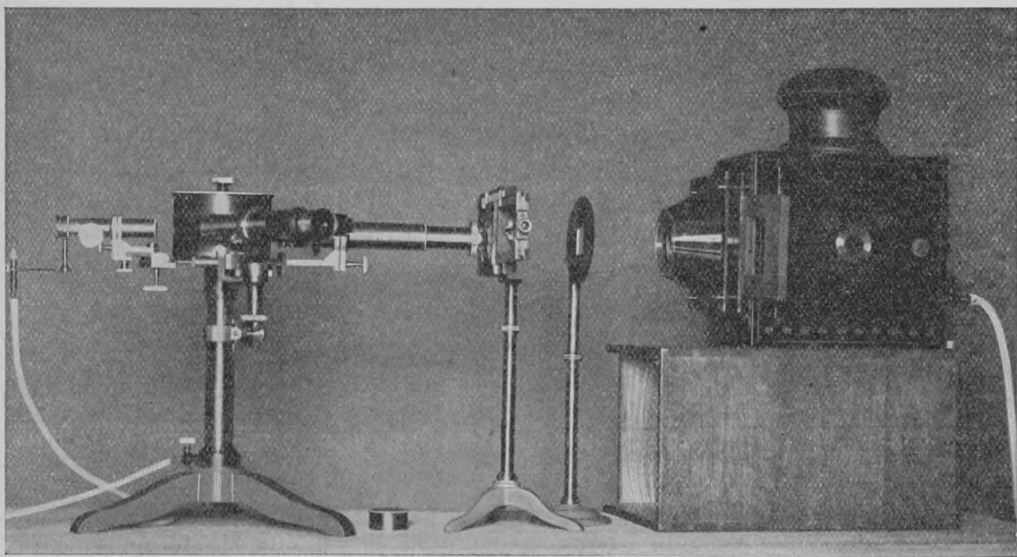


Fig. 6.

Visant avec la lunette d'observations la région spectrale pour laquelle l'absorption doit être complète, nous déplaçons lentement l'écran en agissant sur la vis commandant le chariot, jusqu'à ce que cette absorption soit réalisée; à ce moment nous notons la division de la règle à laquelle s'est arrêté l'index, division qui nous permet de noter sur l'écran même la région correspondante.

Reprenant alors la portion de glace portant la teinte dégradée, mais qui n'a pas été collée au baume de Canada, nous mesurons l'épaisseur  $e'$  de la gélatine à l'endroit correspondant à celui de la région de notre écran collé dont la coloration a été reconnue comme remplissant les conditions requises.

Le poids  $p'$  de matière colorante devant être réparti par unité de surface pour obtenir cette coloration nous sera donné par la formule

$$p' = \frac{e' \times p}{e}$$

Si la coloration de notre écran doit résulter de la combinaison de deux nuances, nous opérons de la même manière. Chaque mixture colorée titrée est coulée sur une glace horizontale et une glace inclinée ; mais alors, dans ce cas, les deux écrans de teinte dégradée sont collés ensemble au baume de Canada, couche contre couche et de telle sorte que la portion la plus colorée de l'un soit superposée à la partie la moins colorée de l'autre.

Nous obtenons ainsi un écran dans lequel, les poids de chaque matière colorante étant les uns par rapport aux autres inversement proportionnels, la nuance varie, par exemple, du jaune au vert, en passant par le jaune vert et le vert jaune, s'il s'agit d'un écran dégradé vert fixé à un écran dégradé jaune.

Disposant cet écran ainsi composé dans le chariot de notre appareil et le faisant cheminer devant la fente du spectroscope en observant à la lunette, il se trouvera une région de cet écran dont la teinte présentera précisément les propriétés de celle que nous cherchons. En procédant comme précédemment, il nous sera facile de déterminer, par le rapport des épaisseurs des couches de gélatine correspondant à cette région de notre écran, celui des poids de matière colorante jaune et de matière colorante verte dont la combinaison permet d'obtenir la teinte cherchée.

Il nous reste maintenant à déterminer quel poids de chacune de ces deux matières colorantes devra être réparti par unité de surface pour obtenir une teinte de saturation donnée, c'est-à-dire absorbant un groupe de radiations colorées déterminé à l'avance.

Pour arriver à ce but, nous préparons deux solutions gélatineuses contenant, pour un même volume, des poids de chacune des deux matières colorantes tels qu'ils soient précisément dans le rapport qui vient d'être expérimentalement déterminé.

Après avoir étendu chacune de ces mixtures sur une glace horizontale et sur une glace inclinée, ces dernières étant sèches, nous les réunissons au baume de Canada, mais cette fois de telle sorte que les parties les plus saturées de chacune d'elles soient en contact.

Nous obtenons ainsi un écran de teinte dégradée, mais de coloration uniforme, puisque les poids des deux matières colorantes sont toujours dans le même rapport. En l'examinant avec notre appareil, nous trouverons dans cet écran une région dont l'intensité de la teinte correspond à l'absorption cherchée : il nous sera alors facile, par la mesure de l'épaisseur de la couche de gélatine correspondant à cette région de l'une des plaques semblables à celles constituant l'écran, d'en déduire le poids  $p_1$  par centimètre carré de l'une des matières colorantes ; connaissant dans quel rapport doit se trouver l'autre, un simple calcul nous en donnera le poids  $p_2$ .

Nous ferons remarquer que, dans la préparation des écrans constitués par deux teintes, nous procédons jusqu'ici par juxtaposition et non par mélange. Dans ce dernier cas, d'autres phénomènes entrent en effet en jeu et changent souvent complètement les résultats par suite de réactions chimiques se produisant entre les matières colorantes.

En mettant en œuvre cette méthode, nous sommes à même de créer des écrans colorés présentant des propriétés optiques prévues d'avance et répondant à certains besoins. C'est là un grand avantage, en ce sens qu'il nous est alors possible

de préparer des écrans adaptés aux plaques sensibles dont nous faisons usage, en d'autres termes, des écrans de nuance telle que le maximum de luminosité de celle-ci corresponde au groupe ou à la radiation de longueur d'onde pour lesquels la plaque présente précisément un maximum de sensibilité, et pouvoir ainsi utiliser dans les meilleures conditions l'orthochromatisme de certaines préparations.

En voici un exemple : la courbe de noircissement des nouvelles plaques orthoscopiques Jouglà montre que cette émulsion possède un maximum de sensibilité vers  $\lambda$  588 et un autre vers  $\lambda$  530, or cette dernière région présente un intérêt particulier, en ce sens qu'elle est la plus lumineuse du spectre de la couronne externe dans les éclipses totales du Soleil.

COURBE DE LUMINOSITÉ. — ÉCRAN VERT  $\lambda$  530.

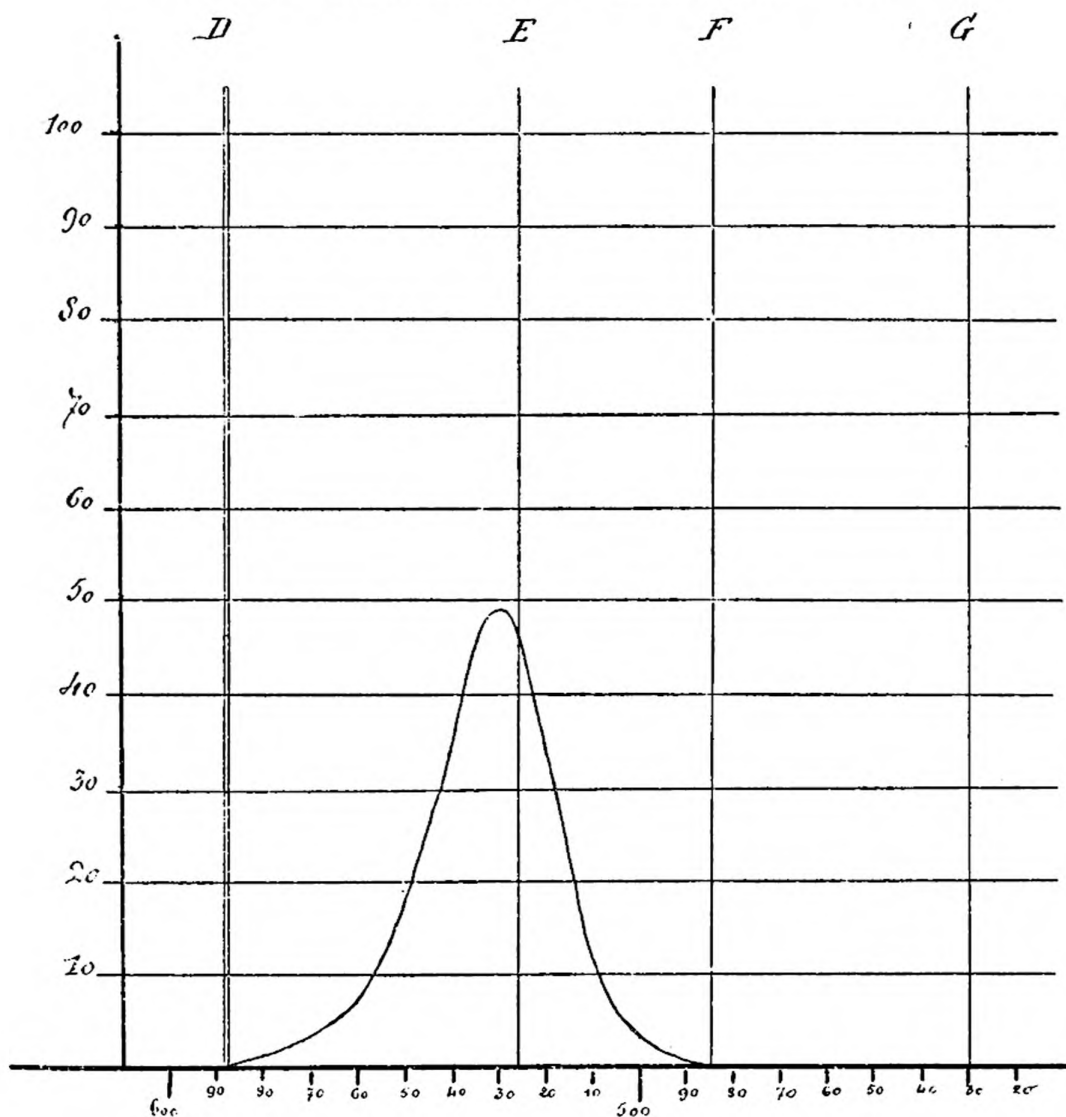


Fig. 7.

Il y avait donc avantage à chercher à utiliser cette sensibilité particulière, tout en éteignant la plus grande partie possible des autres régions colorées du spectre en créant un écran vert dont la nuance présente un maximum de luminosité correspondant précisément à cette radiation.

Nous avons pu réaliser cet écran (fig. 7) et l'essai au spectrographe d'une plaque

## COURBES DE NOIRCISSEMENT

Plaque orthoscopique Joula et écran vert  $\lambda$  530.

a) Plaque sans écran pose 16 s.  
 b) } Plaque avec écran poses  
 b') 64 s., 96 s., 128 s.  
 b'')

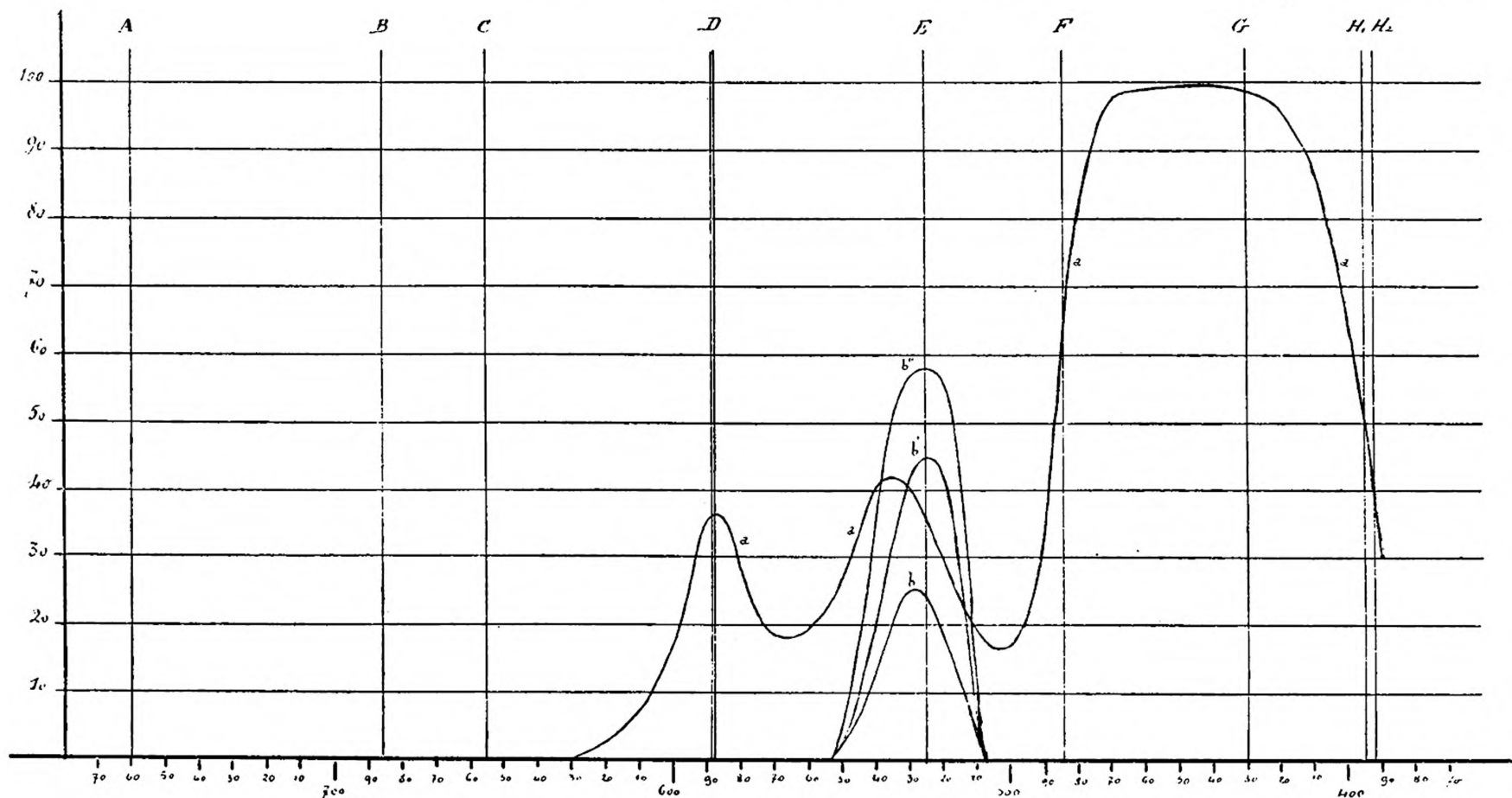


Fig. 8.



# **COURBES DE NOIRCISSEMENT** Plaque orthoscopique Jouglà et écran jaune.

*a* plaque sans écran pose 16 s.  
*b*) }  
*b'*) } plaque avec écran poses  
*b''*) } 24 s., 32 s., 40 s., 48 s.  
*b'''*) }

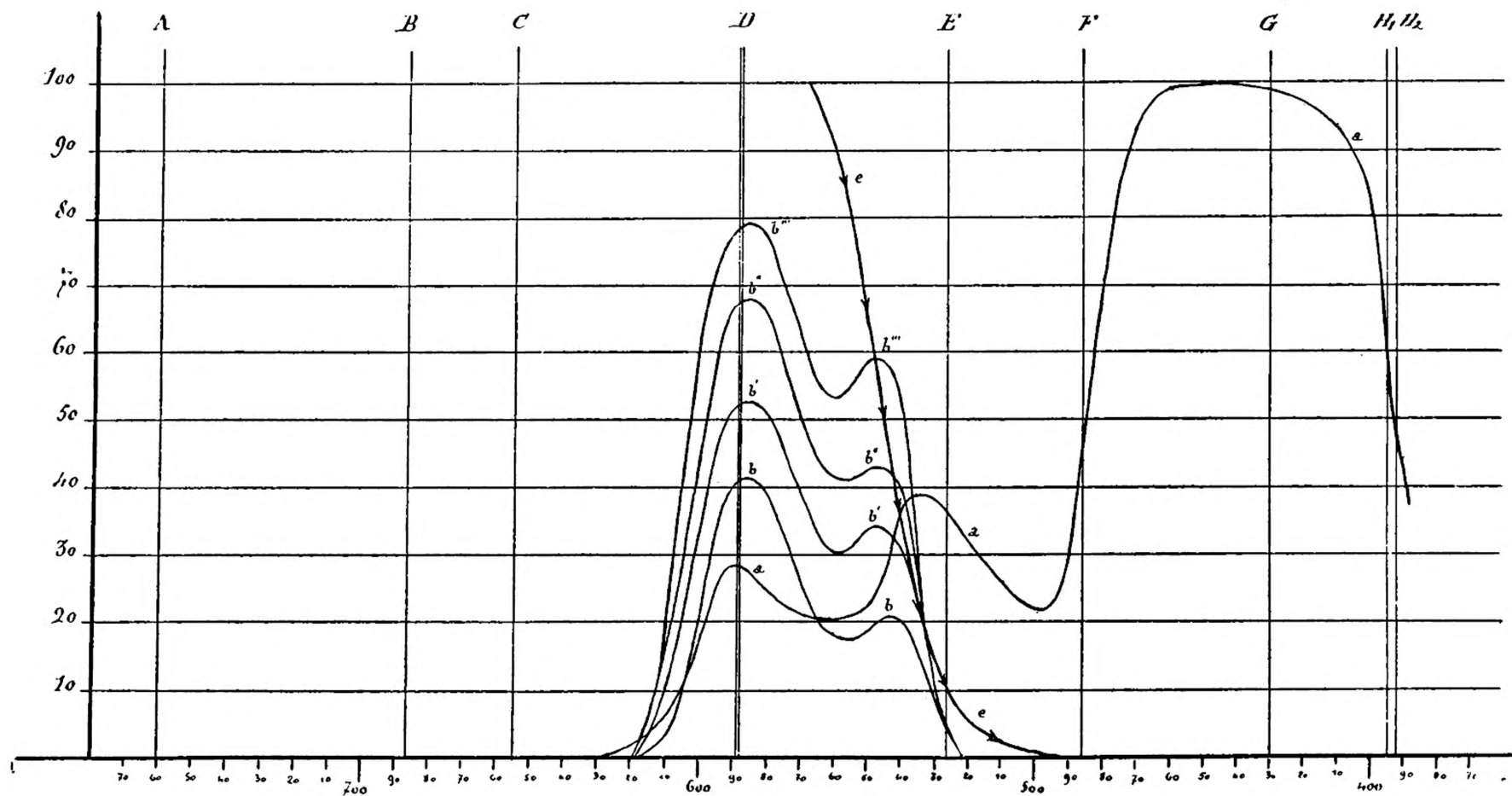


Fig. 9.

## COURBES DE LUMINOSITÉ

- a) écran violet.  
 b) écran jaune.  
 c) combinaison des deux écrans = écran rouge.

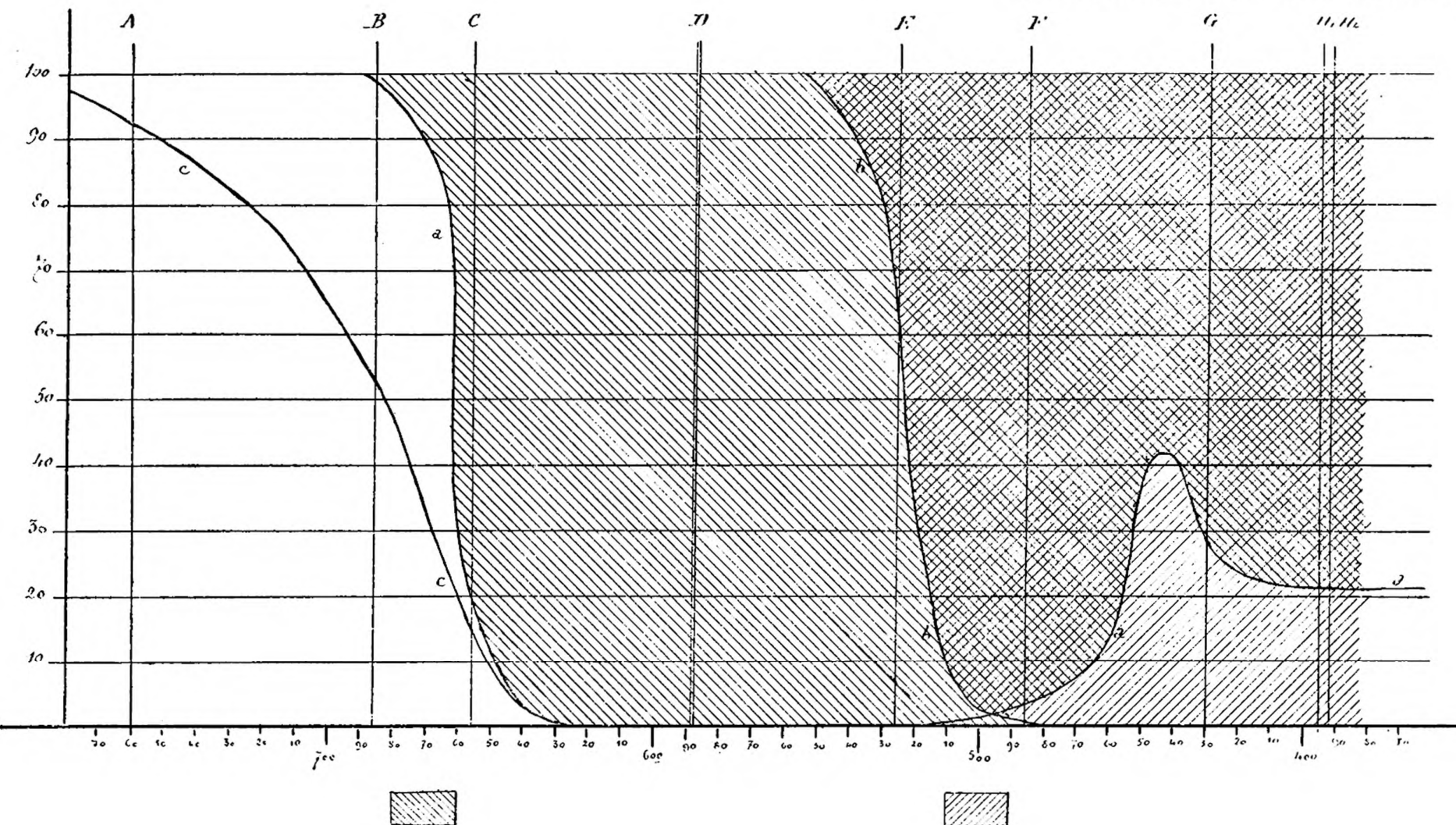


Fig. 10.

orthoscopique Joula, en disposant devant la fente du collimateur l'écran en question, nous a donné une courbe de noircissement s'étendant de  $\lambda$  503 à  $\lambda$  560 pour de longues poses, et dont le maximum tombe juste en  $\lambda$  530.

L'autre maximum de sensibilité chromatique de cette plaque a été utilisé en combinant son emploi avec celui d'un écran jaune absorbant toutes les radiations les plus réfrangibles jusqu'à  $\lambda$  500 (fig. 9).

La fig. 10 montre comment, par la connaissance des courbes de luminosité de deux matières colorantes données, il est possible de prévoir la coloration de l'écran résultant de leur combinaison par superposition. Un écran violet *a* laisse passer intégralement toute la partie rouge du spectre jusqu'en  $\lambda$  620 et 40 p. 100 environ de bleu, 20 p. 100 de violet. Un écran jaune *b* laisse passer également toute la portion rouge spectrale filtrant au travers de l'écran violet, mais absorbe complètement le bleu et le violet ; superposant ces deux écrans, nous obtiendrons une coloration comprenant seulement l'extrémité rouge du spectre et dont la ligne *c* nous indique la courbe de luminosité.

Nous pensons que la méthode que nous venons de décrire est appelée à rendre quelques services, en raison des résultats auxquels elle permet d'atteindre.

---

## QUI EST L'INVENTEUR DE LA GUILLOTINE PHOTOGRAPHIQUE?

L'appareil d'obturation dit *guillotine* dont la vogue a été si considérable et est loin d'être épuisée aujourd'hui, car elle renaît constamment sous une forme ou une autre, est connu de tous.

Cependant, on en rechercherait vainement l'origine dans les ouvrages anciens ou récents sur la photographie. D'anciens inventeurs, La BLANCHÈRE, JAMIN, LAKE-PRICE, etc., ont décrit des appareils de ce genre, ce ne sont évidemment pas les prototypes de l'instrument.

La photographie astronomique, sans donner la solution du problème, permet d'en retrouver un emploi plus ancien. En 1860, à l'occasion d'une éclipse solaire, la commission dite de *Batna* emploie un obturateur qui, le nom à part, n'est absolument qu'une guillotine verticale. Mais avant, dès 1856, WARREN de la RUE avait fait des recherches suivies sur la photographie solaire. Elles l'avaient conduit au premier modèle des guillotines ou *coulisses* employées depuis pour cet objet. En 1858, FAYE avait aussi employé un appareil analogue à l'occasion de l'éclipse de soleil. Et c'est tout pour l'histoire de la guillotine!

Ces essais de photographie solaire ne sont cependant pas les plus anciens. Plus de dix ans avant, FIZEAU et FOUCAULT avaient réussi, à la demande d'ARAGO, à photographier le soleil. Leur tentative est bien connue par un fac-simile de daguer-réotype et une courte notice insérés dans l'astronomie populaire.

Les deux savants n'ont laissé aucune indication sur leurs procédés. Toutefois, si on remarque que la sensibilité du daguerréotype est fort comparable à celle du collodion avec quoi on photographie aujourd'hui encore le soleil en une fraction de seconde inférieure à  $1/600$ , il est évident qu'ils ont dû employer un obturateur pour limiter la pose. Or quel pourrait être cet obturateur sinon une guillotine?

J'ai eu la bonne fortune d'avoir la confirmation positive de cette induction par l'un des savants, rares aujourd'hui, contemporains de l'expérience. Suivant M. le colonel LAUSSEDA, elle fut faite dans les mêmes conditions que celle de *Batna* dont il est question ci-dessus (1), non que la commission de *Batna* ait songé le moins du monde à suivre l'exemple des deux physiciens, mais parce que les mêmes moyens limités dont disposaient les uns et les autres, leur ont imposé la même méthode : lunette de petit calibre, horizontale, recevant les rayons solaires d'un héliostat : image primaire de l'objectif agrandie par l'oculaire convenablement tiré ; limitation de la durée de l'action lumineuse par une guillotine placée à la tranche de l'objectif (2).

Comment était faite cette guillotine? Evidemment elle comportait une fente de largeur variable, réglable à volonté, sans quoi l'actinisme eût été trop considérable.

(1) On trouvera des détails très complets sur les opérations de cette commission dans le tome VI du *Bulletin de la Société française de photographie*.

(2) L'emploi de l'héliostat, dans l'expérience de FIZEAU et FOUCAULT est confirmée par M. VIOLETTE dans son *Traité de physique*, tome II, 2<sup>e</sup> partie, p. 348.

Comportait-elle des ressorts ? Cela paraît très probable. ARAGO, dans la légende de la figure, limite à  $1/60^e$  de seconde la durée de la pose. Cette faible durée paraît invraisemblable vu le calibre de la lunette dont il va être question, surtout avec un appareil de chute. Du reste la légende a été supprimée dans la reproduction de la figure de l'astronomie populaire insérée dans les œuvres de FOUCAULT. Mais elle se comprend comme première évaluation s'il y avait des ressorts, tandis qu'un calcul simple rend l'erreur impossible pour une guillotine à chute libre. Ce qui rend aussi probable l'emploi de ressorts dans cette première guillotine, c'est l'observation faite en 1862 par FOUCAULT à l'inventeur JAMIN présentant à la *Société française de photographie* une sorte de guillotine à chute libre comme susceptible de donner l'instantanéité. Il faudrait, objecte FOUCAULT, une hauteur de chute de  $1^m50$  à  $2^m$  pour obtenir ce résultat. Et il conclut à l'avantage des ressorts pour actionner un tel appareil. Si FOUCAULT eût opéré en 1845 avec un appareil à chute libre, il n'eût pas fait une pareille objection à JAMIN.

Pour bien se rendre compte de ce que pouvait être la guillotine de FOUCAULT, il n'est pas inutile de rechercher à reconstituer les dimensions de sa lunette.

Au-dessous de l'image de 91 mm. de diamètre reproduite dans les œuvres de FOUCAULT figurent plusieurs petites images de 12 mm. de diamètre. Ce sont les images primaires fournies par l'objectif qui agrandies 7 fois  $1/2$  par l'oculaire ont fourni la grande image.

Ces images primaires ont été fournies par une lunette dont la longueur focale, facile à calculer, est de  $1^m27$ . L'ouverture d'une pareille lunette était tout au moins de 8 centimètres. Elle pouvait atteindre 12 cm.

Si l'ouverture de la guillotine eût été égale à celle de l'objectif l'action eût nécessité un déplacement de l'obturateur double de l'ouverture de la lunette. Avec la fente étroite qu'exigeait la réduction de l'actinisme, on comprend plus facilement l'évaluation de  $1/60$  de seconde comme durée de la pose.

Il nous reste à parler d'une dernière preuve, écrite celle-là et très formelle, quoique trop concise, de l'invention de FIZEAU et FOUCAULT.

Le major anglais GORDON, revenant de l'Inde, présentait en 1861 à la *Société française de photographie* un obturateur instantané dont la construction est, dit-il, basée sur le principe des obturateurs dits « guillotine » imaginés par LÉON FOUCAULT.

Ne fût-ce que pour le nom de guillotine, le témoignage du major GORDON n'est pas superflu. Cette appellation ne s'est en effet généralisée que fort tard. En 1865, la 5<sup>e</sup> édition du traité de photographie de MONCKOVEN ne la mentionne pas.

En résumé, l'invention de la guillotine à fenêtre rectangulaire, avec tous les perfectionnements qu'elle comporte, fente réglable, ressorts accélérateurs, a été inventée et nommée en 1845 par FIZEAU et FOUCAULT. Si le nom de ce dernier est plus souvent prononcé, la collaboration des deux jeunes savants était, à cette époque, trop intime pour que leurs noms puissent être séparés. Si, trop modestes, ils ont dédaigné ce que tant d'autres n'eussent pas oublié de publier et de faire valoir un travail d'importance secondaire, il sied aux adeptes de la photographie et aux astronomes de se souvenir de l'origine d'un appareil destiné à une prodigieuse popularité.

J. DEMARÇAY



# PRATIQUE DE LA MÉTROPHOTOGRAPHIE

ACCOMPAGNÉE D'EXEMPLES ET D'ILLUSTRATIONS PROPRES A EN FAIRE  
APPRÉCIER LES AVANTAGES

(suite)

**Méthode des intersections.** — Le principe de cette méthode fondamentale se trouve déjà exposé dans un paragraphe précédent où on la voit appliquée sur les fig. 2 et 3 de la « Notice sommaire ». Elle consiste essentiellement à *orienter* et à *rapporter* sur le papier, en partant d'une base connue et réduite à l'échelle adoptée, les faisceaux de rayons projetés sur les plans d'horizon de deux vues d'un même site, et aboutissant deux à deux à des points de ces vues parfaitement identifiés. Il est d'ailleurs inutile, dans la pratique, de tracer effectivement les faisceaux des rayons visuels, ce qui produirait inévitablement de la confusion, et il n'est pas davantage nécessaire de disposer les vues elles-mêmes sur la feuille de papier où doit être dessiné le plan. Il suffit d'y faire figurer *temporairement* à leur place les traces des tableaux des différentes vues sur lesquelles on a identifié au préalable et affecté d'un même numéro d'ordre chacun des points remarquables du paysage que l'on se propose de déterminer sur ce plan. Ces points, projetés par des perpendiculaires sur les lignes d'horizon respectives ou sur des parallèles à ces lignes d'horizon tracées au bas des épreuves, sont marqués sur le bord d'une bande de papier mobile, de 15 à 20 mm. de largeur (fig. 8), puis *reportés* avec le plus grand soin sur les traces des tableaux correspondants. Alors, pour obtenir chaque point sur le plan, on n'a qu'à chercher sur deux des traces où est projetée son image, d'après son numéro, le trait qui lui appartient et à unir chacun de ces traits au point de vue correspondant, l'intersection des deux droites qui en résulte est évidemment le point cherché.

Au lieu de tracer toutes ces lignes qui reproduiraient la confusion que l'on a voulu éviter, à chacune des stations on pique une épingle ou une aiguille fine à laquelle on fixe l'extrémité d'un fil ou d'un cheveu que l'on tend en le faisant passer par le trait correspondant au point considéré, lequel se trouve déterminé en plan à l'entrecroisement des fils ou des cheveux.

**Degré de précision.** — Sans entrer dans une discussion qui nous entraînerait au delà du but que nous nous sommes proposé, il ne saurait être douteux que la méthode des intersections pratiquée dans les conditions qui viennent d'être exposées, à l'aide d'images entièrement exemptes de distorsion (ce dont il est facile de s'assurer, comme nous l'expliquerons en parlant des instruments), présente sûrement autant de garanties d'exactitude que lorsqu'on emploie la planchette sur le

(1) Voir *Revue des Sciences photographiques*, octobre 1904 et octobre 1905.

terrain. Nous renverrions au besoin, à ce sujet, le lecteur aux traités de topographie, mais nous pouvons nous contenter, pour le convaincre du degré de précision que comporte le procédé actuel, de lui conseiller, quand il commencera à opérer, de faire de nombreuses vérifications en se servant de trois vues au moins pour déterminer un même point, dans des limites de distance convenables, c'est-à-dire en ne perdant jamais de vue cette condition essentielle, à savoir que les angles formés par les directions des rayons visuels doivent se rencontrer sous des angles qui ne soient pas trop aigus.

*Identification des points sur des vues différentes.* — Le nombre de points faciles à reconnaître et à identifier sur des vues d'un même site prises de stations différentes dépend nécessairement de la nature des accidents, de la surface du terrain en même temps que du choix plus ou moins heureux des stations. Dans les pays de montagnes, où les accidents, modifiés dans leur aspect par la perspective, ne conservent pas moins des traits caractéristiques très accentués, la préoccupation principale de l'opérateur doit être, en passant d'une station à l'autre, de se rendre compte à l'avance de ce qu'il retrouvera sur les épreuves photographiées, en s'efforçant de ne laisser échapper aucun détail intéressant. Il vaut mieux, d'ailleurs, ne pas craindre de multiplier les stations, surtout dans les premiers temps. Plus tard, si l'on est doué d'une bonne mémoire et de l'esprit d'observation, on ne tarde pas à se familiariser avec les aspects variés du terrain, et quand on en vient à utiliser les images pour construire les détails de la planimétrie et à tracer même les courbes de niveau qui expriment le relief du terrain, on est souvent surpris du nombre de points que l'on parvient à identifier sur les différentes épreuves d'un même site.

*Nivellement.* — Supposons la planimétrie entièrement exécutée, le principe du nivellement que nous avons exposé dans la « Notice sommaire » (1) résulte de cette particularité tout à fait avantageuse que le *coup de niveau* donné avec l'un des instruments décrits ci-après, sous le nom de photothéodolites, s'étend à toute la largeur de l'épreuve où on le suit, pour ainsi dire, tout le long de la ligne d'horizon. On peut donc prévoir la rapidité avec laquelle s'effectue cette opération qui consiste, pour chaque point : à mesurer deux distances sur le plan et une hauteur apparente sur la photographie, quantités que l'on inscrit méthodiquement dans un tableau à quatre colonnes, puis à chercher, sur la *règle à calcul*, la différence de niveau du point considéré et de la station, ou plutôt de l'appareil, qui est le 4<sup>e</sup> terme d'une proportion, différence à laquelle on n'a qu'à ajouter la hauteur constante de l'objectif au-dessus du terrain.

Ces opérations s'effectuent, en effet, avec une grande rapidité et

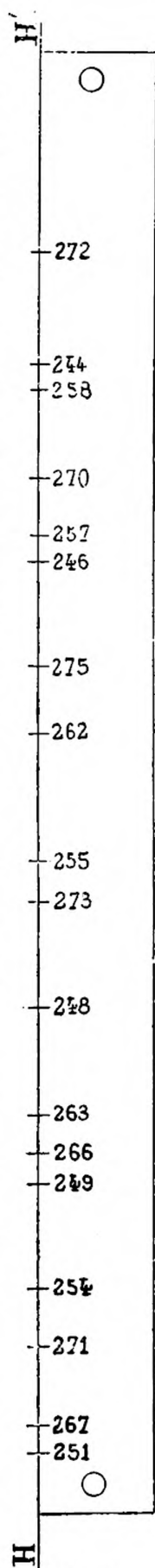


Fig. 8.

(1) Voy. le n° 7 de la *Revue des Sciences photographiques*, oct. 1904, pag. 209 et 210.

peuvent même être confiées à des aides consciencieux suffisamment exercés.

Quand ce travail préparatoire est terminé, l'ingénieur topographe cherche sur le plan les cotes de niveau sensiblement égales pour préparer le tracé des sections horizontales équidistantes du terrain. Mais avant d'entreprendre ce tracé, il doit consulter attentivement, tour à tour, les vues qui ont servi à calculer les cotes pour se rendre compte, autant que possible, des formes réelles du relief d'après leurs perspectives.

Certains opérateurs et non des moins habiles dessinent d'abord au crayon sur ces vues, et d'après les cotes qui y ont été inscrites aussi, des courbes de niveau approximatives nécessairement d'aspects différents qui, comparées entre elles, les guident néanmoins dans le tracé définitif à effectuer sur le plan.

Cette partie du travail du phototopographe est sans doute la plus délicate et exige de sa part beaucoup de soin, de jugement et même de goût; c'est celle qui constitue, à proprement parler, le côté élevé de son œuvre, le reste pouvant être considéré comme la pratique d'un métier assez facile à exercer, pour peu qu'on en veuille prendre la peine.

*Aperçu des conditions diverses dans lesquelles on peut avoir à opérer.* — C'est autant que possible, comme nous l'avons déjà dit, sinon dans les hautes montagnes, où l'on rencontre même des difficultés d'un ordre particulier, mais dans les pays de collines assez élevées, les plus favorables à l'emploi courant de la méthode, qu'il convient d'opérer pour acquérir l'expérience nécessaire. Dès nos débuts, en 1850, avec la chambre claire, et un peu plus tard avec la chambre noire, seul ou accompagné d'officiers du génie qui devaient prendre part à nos expériences, nous avons eu la satisfaction de constater que sans s'éloigner de Paris, on trouvait des localités qui se prêtaient facilement à ces expériences et à l'apprentissage de la méthode.

Les pl. II et III sont d'ailleurs des spécimens de vues ayant servi à ces essais. Nous y joignons, à titre de curiosité historique, le plan du village de Buc près de Versailles (pl. IV) construit en 1861, à l'échelle de 1/5000 avec courbes de niveau équidistantes de mètre en mètre, sous les yeux d'un groupe d'officiers du génie de la garde impériale. Les huit vues employées avaient été prises de quatre stations reliées par une petite triangulation à une base de 334<sup>m</sup>80 dans l'après-midi d'une journée d'avril et quelques jours plus tard, le plan, le premier exécuté dans de telles conditions, était terminé (1).

Ces exemples nous semblent suffisants pour le moment et nous dispenseront de

(1) Certains critiques ont contesté la validité des courbes de niveau tracées à travers le petit bois qui figure sur la gauche du dessin (fig. 12). Il est bien entendu que, dans ce cas, on n'avait pas eu la prétention de figurer le relief avec la même exactitude que quand le terrain était à découvert; mais c'est peut-être l'occasion d'avertir le lecteur qu'il ne doit pas toujours renoncer à représenter le relief de parties boisées d'une plus ou moins grande étendue. En estimant ou en mesurant, directement ou même métrophotographiquement, la hauteur des arbres qui ne change guère dans un groupe d'une même essence, après avoir dessiné les courbes provisoires qui représentent la surface apparente de la cime des arbres (voy. fig. 13) il ne reste plus qu'une opération facile à faire pour retrouver assez approximativement la surface du terrain sous-jacent.

donner ici des vues prises dans des pays de collines plus élevées que celles des environs de Paris et quelques-uns des plans qu'elles ont servi à construire. Encore une fois c'est en pareil cas que la méthode s'applique avec le plus de facilité (1).

Dans les pays de montagnes proprement dits, boisés ou non, les détails planimétriques se découvrent souvent sur de grandes étendues et les formes du terrain s'accusent et deviennent faciles à interpréter, dès que l'on a réuni un nombre convenable de points bien déterminés avec leurs cotes de nivellement.

Nous donnons (pl. V, VI et VII) trois vues des environs de Faverges (2), en Savoie, prises en 1866 par M. le capitaine du génie Javary, destinées, la première, à faire apprécier la richesse des détails de toute nature que peut renfermer un seul cliché et les deux autres sur lesquelles les points identifiés portent le même numéro pour permettre de bien se rendre compte de la simplicité de cette opération préalable.

Nous devons toutefois faire des réserves en ce qui concerne les régions couvertes de glaciers ou criblées de précipices qui exigent de la part des opérateurs une expérience consommée et les plus rares qualités de l'observateur. Mais nous nous hâtons d'ajouter que de tels opérateurs se sont formés dans plusieurs pays, sans excepter la France, et qu'il est reconnu aujourd'hui que c'est au moyen de la méthode photographique seule que l'on peut triompher le plus sûrement de difficultés jugées jusqu'alors insurmontables. Ajoutons enfin que la photographie documentaire dont on ne saurait nier l'intérêt dans toutes les études topographiques joue, dans ce cas, un rôle inappréciable.

Dans les pays de plaines, à moins d'y rencontrer des édifices assez élevés et assez nombreux pour permettre de prendre des vues plongeantes qui fassent découvrir tous les détails topographiques dont on a besoin, et c'est ce qui arrive très rarement, la méthode devient difficilement applicable ou même impraticable, à moins de recourir aux stations artificielles, aériennes, que peuvent donner les aérostats ou les cerfs-volants.

*Utilisation des photographies prises en ballon ou à l'aide de cerfs-volants.* — On a pensé depuis longtemps en France à prendre des vues de la nacelle d'un ballon. Le premier essai qui ait réussi date de 1858 et est dû au célèbre dessinateur, homme de lettres et photographe Nadar, qui avait pressenti le parti que l'on en pourrait tirer pour faire la carte d'un pays. Les progrès rapides de l'art, en per-

(1) Il y a un cas des plus intéressants à signaler à part; c'est celui du tracé exact du littoral, dans les reconnaissances hydrographiques. On sait que généralement alors on se contente d'indications sommaires pour exprimer le relief de la terre ferme auxquelles on joint assez souvent des vues pittoresques de la côte. La photographie instantanée fournit facilement ces vues aussi nombreuses qu'on peut le désirer et naturellement plus complètes et plus rigoureuses que celles que dessinait Beaumont-Beaupré pour relever le littoral. Les lecteurs de cette Revue savent tout le parti que M. l'enseigne de vaisseau Le Mée a déjà su en tirer dans le même but et pour d'autres études qu'il poursuit encore en ce moment.

(2) Le plan de Faverges et de ses environs à l'échelle de 4/5000, avec courbes de niveau équidistantes de 5 mètres en 5 mètres comprenant une surface de 12.000 hectares, a été dessiné, après 18 jours d'opérations sur le terrain, en 5 mois d'hiver à Paris, par MM. le capitaine Javary et le garde du génie Galibardy. Il est actuellement exposé dans les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers.



mettant d'obtenir des photographies instantanées (ce qui était indispensable à cause de la mobilité de la station) ont facilité les recherches faites dans cet ordre d'idées. On sait que, déjà, pendant la guerre de la Sécession, les Américains ont sérieusement utilisé les photographies prises d'aérostats captifs. De nombreuses expériences ont été faites depuis cette époque dans tous les pays qui ont des parcs aérostatiques militaires et les résultats auxquels on est parvenu sont si nombreux et si encourageants qu'on ne saurait douter des services qu'est appelée à rendre la photographie aérienne, en temps de paix aussi bien qu'en temps de guerre.

Nous n'entrerons pas en ce moment dans d'autres détails sur ce sujet pas plus que sur l'emploi des cerfs volants ou des ballons cerfs-volants.

Nous nous bornerons donc à mettre sous les yeux du lecteur deux spécimens de vues prises dans des conditions très différentes pour lui donner une première idée de cette nouvelle application de la photographie au lever des plans.

Dans le premier (pl. VIII), la vue a été prise de la nacelle d'un ballon élevé de 500 m. environ au-dessus du sol, avec un objectif à court foyer d'une assez grande amplitude. L'axe de cet objectif était vertical et par conséquent la plaque sensible horizontale. La photographie ainsi obtenue représente un quartier de la ville de Rome avoisinant le château Saint-Ange, autant dire, dans ce cas, le plan de ce quartier à une échelle déterminée par le rapport de la distance focale de l'objectif employé à la hauteur du ballon. Cette photographie et une série d'autres, prises sous la direction du major du génie Mario Moris, dans des conditions analogues, en déplaçant convenablement le ballon, ont servi à la construction d'une carte phototopographique de la partie de la ville éternelle comprise entre Ponte Molle et Ponte Margherita, à l'échelle de 1 : 5000 et sur une étendue de 5 kilomètres carrés.

Des résultats analogues ont été obtenus en France, dès 1885, par MM. Gaston Tissandier et Ducom, à Paris, et depuis lors par bien d'autres, mais l'expérience du major Mario Moris se distingue par la continuité des épreuves successives et par l'étendue qu'elles embrassent.

Le second spécimen (fig. 17) est une vue sur tableau plan mais incliné par rapport à l'horizon, du quartier général du camp de Châlons, prise à l'aide d'un cerf-volant par M. E. Wenz, de Reims, qui partage en France avec M. A. Batut, de La Bruguière (Tarn) le mérite d'avoir pris l'initiative de ce mode d'opérer beaucoup plus économique et plus facile à improviser que le précédent.

Cette vue est déjà très expressive et donne une idée nette de l'ensemble des routes, chemins et sentiers, de l'importance des différentes enceintes et des bâtiments dans cette partie du camp; mais il serait évidemment préférable d'avoir un plan géométrique. Or si l'inclinaison de l'axe optique de l'objectif de l'appareil avait été mesurée avec assez de précision, rien n'eût été plus facile que d'opérer cette restitution par une méthode graphique très élémentaire que nous ferons connaître par la suite.

Mais nous n'avons cherché, en reproduisant cette vue, qu'à appeler l'attention sur l'intérêt que présentent des résultats obtenus par les moyens les plus simples. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur ce sujet et de donner des exemples de *transformation planimétrique* par un procédé purement photographique qui permet d'obtenir presque immédiatement le résultat désiré.

(A suivre).

A. LAUSSEDAT.



## SOCIÉTÉS SAVANTES

### *Essai de représentation de la loi du développement photographique en fonction de sa durée.*

Bien connue de tous les praticiens, l'influence de la durée du développement sur la valeur finale du cliché semble n'avoir jamais été mise en ligne de compte dans les expériences relatives à l'impression de la lumière sur le gélatinobromure. De fait, la rapidité des développeurs usités ne permettait guère de dissocier analytiquement les phases du phénomène, et seule la pratique du développement lent pouvait se prêter à l'étude systématique à laquelle nous poussa l'observation fortuite d'un cas d'inversion totale de cliché sous-posé par sur-développement lent, c'est-à-dire par augmentation de la durée et point par forçage de l'intensité du bain (1).

De nombreuses expériences faites sur plaques, pellicules et papiers (2) au gélatinobromure, d'émulsions diverses, exposés soit à la chambre noire par fractions de surfaces et poses graduées, soit directement à la lumière naturelle ou artificielle au-dessous de caches combinées, et ensuite soumises par coupures à des temps d'immersion au bain dilué (3) variant de quelques minutes à plusieurs semaines, il résulte que le mode d'inversion nouvellement observé commençant le plus souvent, mais à titre transitoire (4), par le rougisement ou jaunissement des blancs, puis s'étendant lentement des parties les moins impressionnées aux noirs les plus vus, finit toujours, avec le temps, par attaquer ceux-ci et par aboutir à une inversion totale (5) reproduisant en positif l'original avec tous ses contrastes, mais amortis, comme voilés, sans blancs ni noirs purs.

Inversion inverse, semble-t-il, de celle, bien connue, que donne la surpose; celle-ci prouve cependant que, pour les poses moyennes tout comme pour les poses exagérées, les courbes représentatives du noircissement en fonction du temps d'action du bain, après avoir atteint et gardé peut-être assez longtemps, chacune son maximum, finissent aussi par descendre, et cela d'autant plus tôt et d'autant plus vite qu'elles correspondent à de plus grandes expositions; de sorte qu'au bout d'un temps suffisant, chacune ayant recoupé l'inférieure, il y a finalement inversion complète en dessous d'une direction asymptotique moyenne parallèle à l'axe.

D'autre part, de tout un ensemble de faits bien connus, sinon bien formulés, on peut déduire que : 1° toutes conditions égales, c'est-à-dire pour chaque émulsion et chaque bain déterminés, il y a, pour l'ensemble des courbes, un *maximum-maximorum* correspondant à la valeur en deçà ou au delà de laquelle il est connu que l'impression ne peut que diminuer; 2° pour certaines surposes qui produisent le

(1) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 2<sup>e</sup> série, t. XX, 4 décembre 1903, p. 64.

(2) Il suffit d'attacher avec des bracelets de caoutchouc, après mouillage préalable, sur des glaces à la dimension des cuves verticales, les pellicules et papiers, pour les faire bénéficier de tous les avantages du développement lent.

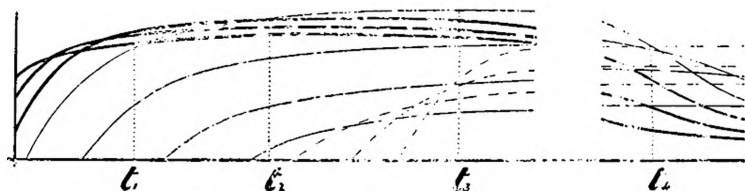
(3) J'ai expérimenté l'acide pyrogallique et le diamidophénol, en adoptant comme type normal de bain la dilution décimale des formules de révélateurs ordinaires.

(4) Sur papier Lamy, il arrive que l'inversion soit totale par transparence longtemps avant d'être visible, ou même de pouvoir être réalisée par réflexion.

(5) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 2<sup>e</sup> série, t. XX, 4 février 1904.

noircissement direct de la surface sensible à sec, les courbes partent de l'axe des  $y$  pour atteindre très rapidement, en se recoupant, des *maxima* très voisins les uns des autres mais échelonnés en raison inverse de la pose; 3<sup>e</sup> parmi ces courbes il en est une que sa chute ultérieure ramène très près du zéro, sans y atteindre; 4<sup>e</sup> pour des poses décroissantes, les courbes partent de l'axe des  $x$  de plus en plus loin de l'origine et s'en écartent de plus en plus lentement.

Toutes ces données, jointes aux observations nouvelles, peuvent fournir les éléments approchés d'une figuration schématique, à défaut de la représentation rigoureuse que rend presque irréalisable la difficulté de mesurer numériquement les degrés du noircissement du gélatinobromure. La figure, encore insuffisamment allongée à raison de la dilution de bain employée, représente en trait fort les courbes de la surpose, en trait fin celles des poses moyennes, et l'on y voit tout de suite comment, sur un cliché surexposé, qui ne contiendrait que les valeurs correspondant aux courbes épaisses, l'inversion, commencée presque immédiatement, est totalement achevée dès l'instant  $t_1$ , tandis que, sur un cliché à peu près normal, que figurerait exclusivement le faisceau des courbes fines, il faut un temps extrêmement long pour



arriver à un commencement d'inversion, qui ne se complètera, vers le temps  $t_5$ , qu'en atténuant tous les contrastes par le rapprochement des lignes.

Mais, bien auparavant, a paru l'inversion des parties sous-exposées, dont il semble bien que l'origine se doive rattacher à la modification du processus chimique due à l'oxydation du bain (1); sans doute y a-t-il coïncidence avec le commencement de chute de la courbe des maxima, et l'on dirait presque que ce sont les éléments enlevés aux grands noirs qui viennent colorer les derniers blancs. Quoi qu'il en soit, la montée des courbes de la sous-pose, que représente en ponctué la figure, est relativement rapide, ainsi que leur mutuel chevauchement, de sorte que l'inversion se manifeste alors qu'aucune apparence de changement n'est saisissable ailleurs. Enfin, la même figure, qui semble ainsi résumer toutes les données acquises sur le sujet, fait voir encore comment la rencontre commune, sur un espace restreint, de deux groupes de courbes, montant et descendant, peut produire intermédiairement vers l'instant  $t_4$ , une sorte de brouillage général en grisaille, où ne se distingue plus rien, analogue à l'état neutre de surexposition noté par M. Janssen (2) et observable expérimentalement dans la pratique du développement lent, quoique, théoriquement, il ne dût être réalisable que dans le cas de deux seules valeurs coexistantes.

(Communication du Dr A. GUÉHARD, à la séance du 22 février 1904 de l'Académie des Sciences).

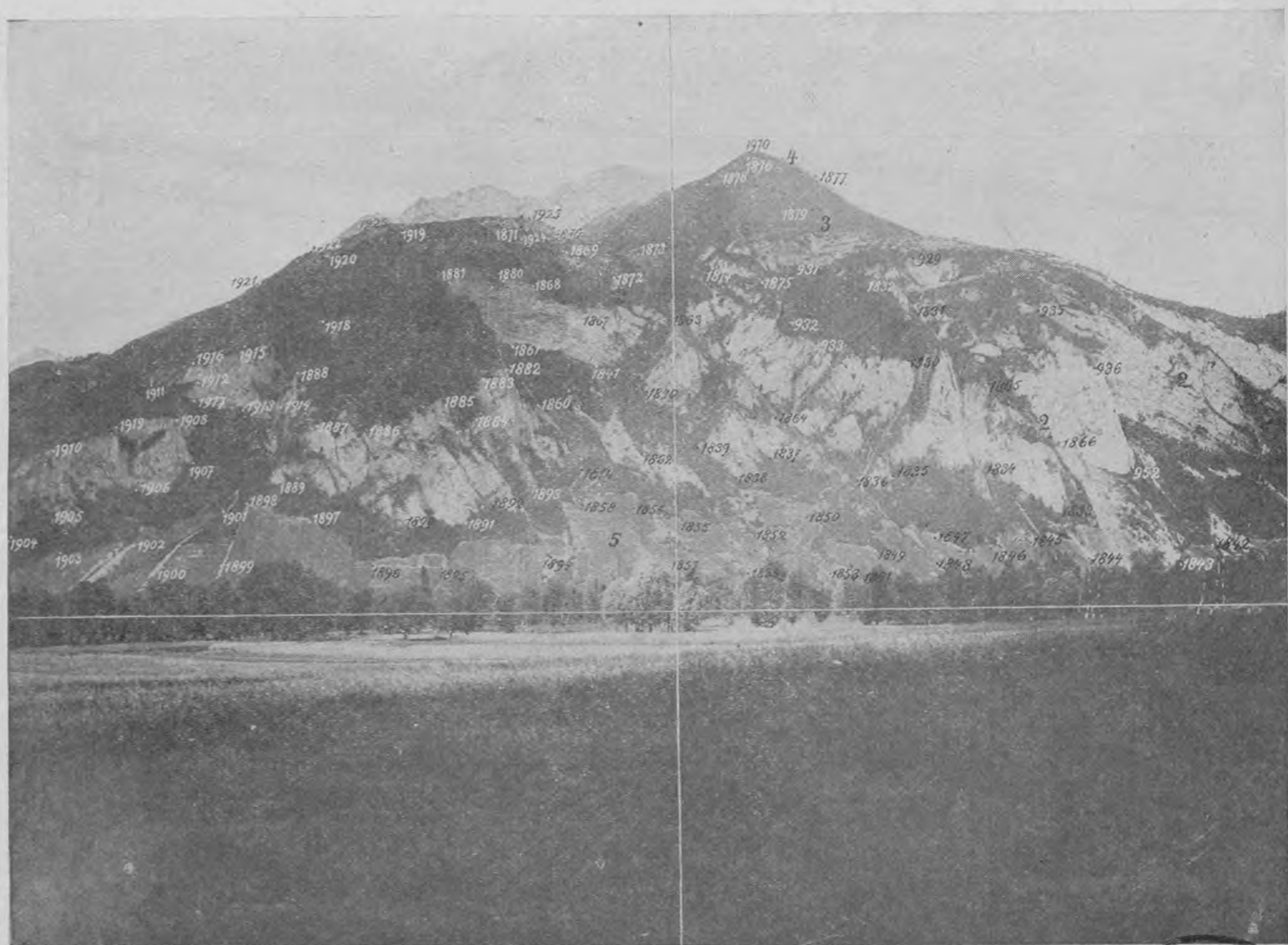
(1) L'emploi du diamidophénol en liqueur acide, qui semble s'opposer aux oxydations, a paru retarder aussi de beaucoup, sinon empêcher, les manifestations du renversement.

(2) Bull. Soc. fr. de Photographie, 1880, p. 219.



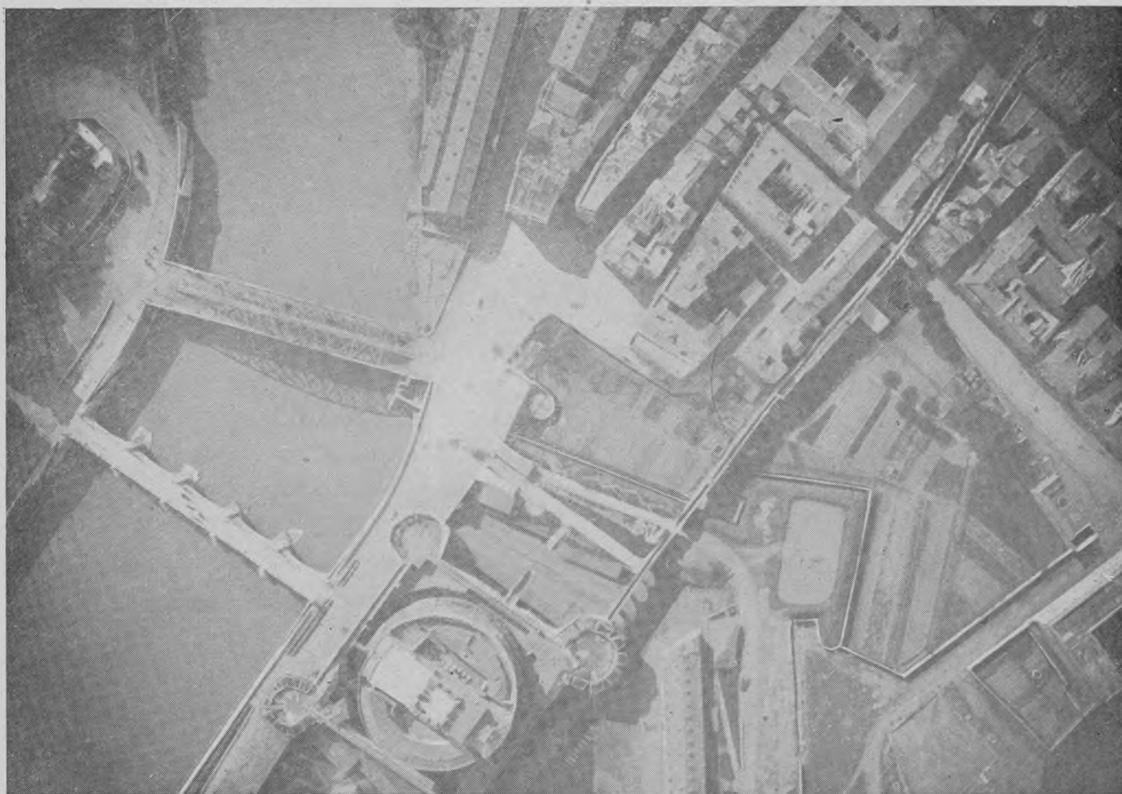


PL. VI. — Vue des environs de Faverges à comparer avec la suivante.

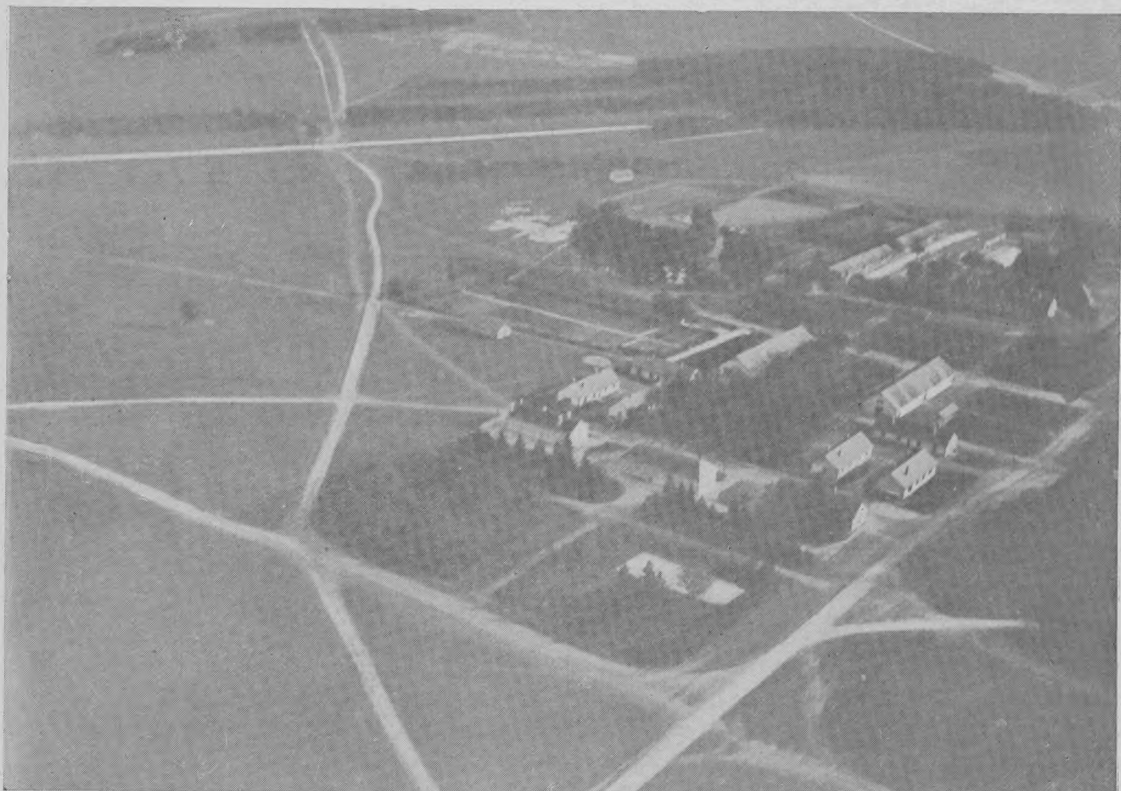


PL. VII. — Vue des environs de Faverges à comparer avec la précédente.





PL. VIII. — Vue de Rome prise en ballon au-dessus du château Saint-Ange, l'axe de l'objectif étant vertical.



PL. IX. — Vue du Quartier général du camp de Châlons prise à l'aide d'un cerf-volant, sur plaque sensible inclinée à 45° environ sur l'horizon ;  $f = 0,270$ . Hauteur du cerf-volant : 150 mètres environ.







### *Sur l'identité de cause du silhouettage blanc et du silhouettage noir.*

D'après la spécialité d'un exemple cité dans ma note du 13 mars 1905, l'on a pu croire, quoiqu'il fût spécifié qu'il s'agissait d'*inversion*, qu'en donnant d'une manière générale, au silhouettage l'*irradiation* pour cause première et le *surdéveloppement* pour cause révélatrice, ceci ne pouvait s'appliquer au *silhouettage blanc* (qui était cependant celui dont j'avais présenté un exemple, tout imprimé (1), et obtenu à travers un objectif à la Société de Physique, le jour où y fut soulevée la question), et affirmé que rien de semblable ne s'observe sur les images données par un objectif (2). En réalité, il suffit d'une application judicieuse du diagramme invoqué (3), pour en tirer l'explication commune de l'une et l'autre sorte de silhouettage, qui n'ont de contradictoire qu'une pure apparence verbale.

Un papier au chlorure d'argent pour noircissement direct ayant reçu deux impressions juxtaposées, l'une très faible, l'autre à peu près normale, si on le soumet à un surdéveloppement énergique, par exemple à l'acide gallique mélangé d'azotate d'argent, on voit la moitié la plus impressionnée monter assez vite, mais l'autre la rattraper bientôt (4) et, entre deux, paraître une bande claire.

C'est qu'en effet, dans le schéma (fig. 1) la marche du noir de l'impression principale, simplement moyenne et point *extrême* comme dans mon exemple initial, est figurée, non point par l'une des grosses courbes à chute rapide, mais par l'un des traits fins moyens, en dessous duquel la sous-valeur de l'irradiation se maintient parallèle à courte distance, longtemps après que la rapide ascension de la courbe (pointillée) de moindre valeur a, par son recoupement, marqué le début de l'*inversion*, et l'accentuation en clair, par contraste, entre deux plages plus foncées, du simple dégradé imperceptible des premiers instants.

Une autre variété de *silhouettage blanc* qui ne pouvait être prévue avant qu'eût été reconnue la forme ondulatoire (5) et point du tout asymptotique (6) de la fonction photographique elle-même, résulte immédiatement de la figure toute symbolique (7) que je donne (fig. 2) de la marche du noircissement en fonction des impressions.

Si, au lieu de limiter l'irradiation entre deux valeurs quelconques, à réactions mutuelles indéterminées, on maintient l'une des valeurs égale à zéro, en graduant l'autre, sur un même phototype, au moyen de poses fractionnées ou de caches à éche-

(1) A. GUÉBIARD, *Sur l'inversion photographique* (*Revue des Sciences photographiques*, t. I, 1904, p. 269, 2 planches).

(2) Séance du 3 février 1905.

(3) A. GUÉBIARD, *Essai de représentation de la loi du développement photographique en fonction de sa durée* (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 491). Si je reproduis la figure telle quelle, malgré la nécessité, prévue dès l'origine, et maintenant devenue certaine, d'importants changements, c'est pour ne point paraître l'avoir remaniée uniquement pour les besoins de la cause.

(4) Cette rapidité d'ascension des plages sous-posées en sur-développement est la particularité qui me frappa la première au début de mes recherches et sur laquelle, à cause de sa singularité, j'insistai toujours le plus (*Bull. Soc. fr. de Phot.*, t. XX, décembre 1903 et février 1904, p. 64 et 189; *Comptes Rendus*, t. CXXXVIII, 22 février 1904, p. 491, etc.).

(5) *Société de Physique*, 3 février 1905.

(6) C'est en tablant sur des expériences, qui paraissaient décisives, de MM. A. et L. LUMIÈRE (*Bull. Soc. fr. de Phot.*, 2<sup>e</sup> série, t. IV, 1888, p. 209), que j'avais donné une allure asymptotique à la partie extrême du diagramme dont la partie moyenne reçoit aujourd'hui même une nouvelle preuve de validité.

(7) Rigoureusement, il faudrait autant de courbes qu'il y a de modalités d'énergie active.

lons (1), il est évident que l'irradiation, s'étalant librement de la plage illuminée vers l'autre, inscrira sur celle-ci toute la dégradation de sa chute au zéro, en donnant, à tout instant, par ses noirs, l'image en raccourci de toute la partie de courbe, à un petit intervalle près, parcourue en sens inverse par la valeur impressionnante : simple chute rapide, pour commencer, vague flou écourté, jusqu'au maximum ; puis, sommet détaché à deux versants, ruban noir que repousse peu à peu loin du bord une montée de plus en plus longue, avec saut de départ de plus en plus atténué, remplacé finalement, après le passage au minimum, par un fossé en pente douce, ou liseré blanc, au delà duquel manquent encore, pour le moment, les données précises.

En réalité, dès qu'on approche des valeurs grandes, on peut remarquer une certaine anticipation sur ces prévisions d'ailleurs strictement vérifiées. C'est qu'alors s'ajoute apparemment, à l'irradiation interne, un appoint devenu capable de combler, et au delà, le petit écart qui la sépare de la valeur principale. Appoint venu, sans doute, des bords de la cache, et qui devient manifeste, au même moment qu'autour des petites ouvertures se révèle le rôle des réflexions dites *de halo*, presque impossibles à éliminer totalement, même sur les pellicules les plus minces. Mais aucune de ces complications accessoires ne saurait justifier qu'on cherchât ailleurs que dans les diverses modalités de l'irradiation les causes d'un phénomène dont l'interprétation, pour être complète, n'a plus besoin que d'un simple recours rationnel aux lois générales du développement forcé.

(Communication du Dr A. GUEBIARD à la séance du 15 mai 1903,  
de l'Académie des Sciences).

---

(1) Les deux méthodes ne s'équivalent pas : la dernière étudie l'irradiation à égalité de temps, pour des valeurs d'illumination diverses ; l'autre à éclaircissement constant, pour des temps divers.

## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

**Le développement au diamidophénol.** — Suivant un article de M. LÖBEL paru ici même trois molécules de soude caustique seraient nécessaires pour convertir le chlorhydrate de diamidophénol en mono-phénolate, deux de ces molécules de soude étant employées à saturer l'acide chlorhydrique, et le révélateur préparé sur ces données, soit :

Eau . . . . .	1000 cc.
Sulfite de sodium anhydre . . . . .	3 gr.
Amidol . . . . .	5 gr.
Soude caustique en solution à 1 % . . . . .	30 cc.

agirait avec une énergie remarquable, tout en donnant des images aussi pures que celles développées comme à l'ordinaire en solution sulfiteuse, sans addition d'aucun alcali.

Selon le professeur VALENTA (1) (*Photographische Correspondenz*, janvier 1905), il faudrait en pratique au moins 300 cc. de cette solution de soude caustique pour assurer la transformation en phénolate. M. VALENTA fit des essais en exposant dans le sensitomètre *Scheiner* divers fragments d'une même plaque et en se développant à une température déterminée.

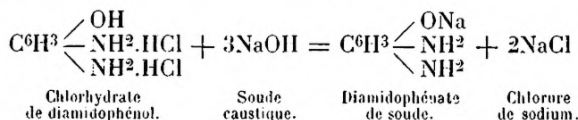
En utilisant à cet effet le bain de M. LÖBEL corrigé, on obtient non pas un révélateur, mais une solution d'un bleu foncé intense dans laquelle la plaque se voile dès l'immersion ; les mêmes résultats sont obtenus qu'on emploie les produits ordinaires du commerce ou des produits parfaitement purs.

M. VALENTA expérimenta alors l'effet produit par l'addition au révélateur habituel de doses croissantes de soude caustique et constata que, jusqu'à une certaine limite, une addition d'alcali caustique détermine un accroissement d'énergie du révélateur, l'énergie maxima étant obtenue par introduction de la dose d'alcali correspondant à la saturation des deux molécules d'acide chlorhydrique, soit par conséquent à la mise en liberté du diamidophénol proprement dit. Un tel révélateur noircit très rapidement et ne peut servir qu'une fois.

Pratiquement, on ne peut dépasser une dose d'alcali correspondant à la neutralisation seule des deux molécules d'acide chlorhydrique, ce qui correspond à l'emploi de 100 cc. de la solution de soude caustique à 1 %. Le révélateur ainsi préparé reste limpide, et donne des négatifs plus doux et plus fouillés que la solution sulfiteuse de diamidophénol ordinairement employée.

(1) *Revue des Sciences photographiques*, I, page 214, n° 7, octobre 1904.

**Sur le développement en solution alcaline avec les révélateurs fonctionnant habituellement en solution sulfite.** — Réponse à M. VALENTA. En cherchant à répéter mes essais de développement en liqueur alcaline avec le diamidophénol, M. VALENTA a obtenu des résultats qui diffèrent totalement des miens (1). Dans mon travail antérieur (2) j'avais montré qu'on peut ajouter à un révélateur au diamidophénol-sulfite de soude, par molécule de chlorhydrate de diamidophénol, 3 molécules de soude caustique. Cette addition d'alcali met en liberté la base diamidophénol et la transforme en diamidophénate de soude :



Je disais qu'un révélateur ainsi préparé travaillait avec une rapidité 3-4 fois plus grande qu'un révélateur en solution sulfitique et que tout en travaillant sans voile il donnait des négatifs très doux. Malheureusement dans la formule pratique que je donnais, une erreur que j'ai omis de corriger s'est glissée et laquelle explique la cause des insuccès de M. VALENTA.

Dans la formule publiée dans mon premier travail :

Eau . . . . .	1 litre
Sulfite de soude anhydre . . . . .	3 gr.
Amidol . . . . .	5 gr.
Soude caustique à 1 % . . . . .	30 cc.

il y a deux erreurs : 1° au lieu de 30 gr. de sulfite de soude anhydre, on a imprimé 3 gr. seulement et 2° au lieu de 300 cc. de soude caustique à 1 %, on trouve 30 cc. M. VALENTA a remarqué de suite que la quantité de soude indiquée dans ma formule était 10 fois plus faible que la quantité théorique et, se doutant qu'il manquait un zéro, il a corrigé l'erreur.

M. VALENTA a répété mes essais avec un révélateur contenant seulement 5 gr. de sulfite de soude anhydre par litre. Tout photographe sait qu'une si faible quantité de sulfite est insuffisante pour préserver un révélateur de l'oxydation, surtout quand il est si oxydable, comme les phénates alcalins. En ajoutant à un révélateur au diamidophénol, contenant seulement 10 gr. de sulfite de soude cristallisé par litre, 3 molécules de soude, M. VALENTA a obtenu un liquide bleuissant immédiatement à l'air. En abaissant la quantité de soude à 8 molécules, le révélateur était encore très oxydable et ce n'est qu'en employant une molécule de soude, c'est-à-dire en neutralisant une seule fonction HCl, qu'il a obtenu un révélateur stable, qu'il recommande pour la pratique.

Les résultats changent complètement si l'on ajoute au révélateur une quantité suffisante de sulfite pour le préserver de l'oxydation, c'est-à-dire 30-50 gr. de sulfite de soude anhydre par litre.

Pour être à l'abri des erreurs provenant des impuretés du chlorhydrate de diamidophénol :

(1) *Photogr. Corresp.*, 1905, janvier.

(2) *Revue des Sciences fotogr.*, 1904, p. 214.



dophénol employé, il est nécessaire d'assurer, par titration avec la solution de soude à 1 %, qu'il nécessite bien la quantité théorique d'alcali pour la mise en liberté de la base.

Le titrage doit être fait en solution sulfiteuse, autrement le liquide se colore en brun, même avant d'arriver à la neutralisation. Le virage à l'héliantine n'étant pas net, on emploiera comme indicateur la phénolphthaléine. On dissout 3 gr. de sulfite anhydre dans 100 cc. d'eau et on ajoute une goutte de phénol-phthaléine. Le liquide se colore en rouge à cause de la réaction alcaline du sulfite. On décolore avec un peu d'acide sulfurique dilué et on ajoute ensuite 0,5 gr. du chlorhydrate de diamidophénol à essayer. On fait couler ensuite la solution de soude à 1 % jusqu'à ce qu'on obtienne le virage rose. On doit employer 30 cc. 3.

Le tableau ci-dessous montre la différence dans la stabilité du révélateur, suivant la quantité de sulfite :

SULFITE DE SOUDE ANHYDRE par litre.	QUANTITÉ DE SOUDE AJOUTÉE			
	NÉANT (acide).	1 MOL. NaOH	2 MOL. NaOH	3 MOL. NaOH.
5 gr.	—	Stable	Coloration faible. S'oxyde rapidement à l'air.	Se colore immédiatement en bleu foncé.
30 gr.	—	—	Incolore.	Incolore.
RAPIDITÉ RELATIVE				
	25	50	75	100

On voit donc qu'il est possible avec une quantité suffisante de sulfite, non seulement de neutraliser les 2 molécules HCl mais de transformer la base en phénate, sans que le liquide se colore en bleu.

Cependant, en employant les produits du commerce, dont certains titrent 90 % et même moins, on aurait en employant 300 cc. de NaOH à 1 %, un excès d'alcali et par conséquent un révélateur trop oxydable. Pour ne pas avoir recours aux analyses, je conseille de n'ajouter que la quantité d'alcali nécessaire pour neutraliser 2 molécules HCl, en supposant le produit pur. De cette façon on sera certain de ne pas avoir d'alcali en excès, même avec un produit de qualité moindre. Voici la formule qui correspond à cette condition :

Eau . . . . .	1 litre
Sulfite de soude anhydre. . . . .	30 gr.
Chlorhydrate de diamidophénol . . . . .	5 gr.
Soude caustique à 1 % . . . . .	200 cc.

On peut donc dire en résumé :

1° Que les insuccès de M. VALENTA proviennent de ce qu'il a employé un révélateur contenant une quantité trop faible de sulfite ;

2° Que le diamidophénate de soude peut être employé comme révélateur, à la condition de préserver de l'oxydation par une quantité suffisante de sulfite.

Léopold LÖBEL.

**Sur le développement en solution alcaline avec les révélateurs fonctionnant habituellement en solution sulfite. — RÉPONSE A M. LÖBEL**

Dans un article publié sous le même titre dans cette revue (1), M. LÖBEL trouve injustifiée ma critique (2) relative à un premier travail sur le même sujet (3). J'aurais, dit-il, suivi exactement les quantités indiquées dans sa formule et j'aurais bien corrigé l'erreur relative à la quantité de soude caustique ; mais sa formule était entachée d'une seconde erreur d'imprimerie, que je n'aurais pas corrigée. De cette façon s'expliqueraient les insuccès que j'ai eus avec la formule de développement au diamidophénate de soude de M. LÖBEL.

Le bien fondé de ma critique est déjà justifié par le fait que la formule erronée donnée par M. LÖBEL, dans sa première communication, ne peut donner que de mauvais résultats, comme il l'avoue lui-même.

En effet, ce n'est pas une chose extraordinaire que des erreurs se glissent dans un article, et cela est très certainement arrivé à tout écrivain. Mais il semble curieux, et ceci ne doit pas se produire souvent, que dans une formule qui ne contient que 4 nombres, il y en ait deux complètement erronés et que ces erreurs passent dans la littérature sans correction de la part de l'auteur. L'existence de la deuxième erreur, que je ne croyais pas possible, explique suffisamment pourquoi j'ai employé des quantités si faibles de sulfite pour mes essais. Je m'efforçais de mettre en concordance les conditions de mes expériences avec celles de M. LÖBEL, et j'ai pris 10 gr. de sulfite de soude crist. = 6 gr. sel anhydre, pour obtenir des solutions incolores sans alcali. Ces quantités s'approchent de celles données par M. LÖBEL dans sa première formule (3 gr. sel anhydre = 6 gr. sel cristallisé).

La question de savoir si l'on obtient de meilleurs résultats en saturant par la soude un ou deux groupes HCl dans la molécule diamidophénol n'a aucune importance, car dans aucun des deux cas il n'y a de phénate. Cela ne répond pas non plus à la question de savoir si l'on peut obtenir des révélateurs phénatés utilisables dans la pratique avec la formule corrigée de M. LÖBEL. Ce dernier soutient que, si je n'ai pu préparer un révélateur phénaté, c'est parce que en suivant sa première formule erronée, je n'ai pas pris assez de sulfite. Ayant pris connaissance de la réponse de M. LÖBEL dans laquelle il indique que la quantité de sulfite est de 30 gr. de sel anhydre, et après avoir répété ces essais avec une grande exactitude et en employant des liqueurs titrées, je reste, à mon regret, à ma première affirmation, *que même en suivant la formule corrigée de M. LÖBEL, il n'est pas possible d'employer l'amidol comme révélateur phénaté.*

Un révélateur composé de :

(1) Page 252 du présent numéro.

(2) *Revue des Sciences photographiques*, 1904, p. 214.

(3) *Photogr. Correspondenz*, 1905, p. 33.

---

Eau. . . . .	1.000 cc.
Sulfite de soude cristallisé. . .	60 gr. (30 gr. de sel anhydre).
Amidol . . . . .	5 —
Lessive de soude à 10/0 . . .	300 cc.

c'est-à-dire exactement d'après la formule corrigée de M. LÖBEL, se colore en bleu foncé par l'emploi et donne, même avec une durée de développement de 80 secondes, un négatif très voilé. J'augmentais alors la quantité de sulfite en prenant 100 gr. au lieu de 60 et même 150 gr. sans obtenir des révélateurs pratiquement utilisables.

J'ai ensuite essayé de prendre 250 cc. de lessive de soude à 1 % au lieu de 300 cc. nécessaires pour la transformation complète en phénate, mais je n'obtins même dans ce cas, en employant 60 gr. de sulfite, que des négatifs voilés et des révélateurs colorés en bleu.

Je dois donc constater, encore une fois, *que l'amidol ne semble pas se prêter à la préparation de révélateurs phénatés d'après la formule de M. LÖBEL*, ce dont ce dernier semble du reste s'être aperçu, même s'il ne veut pas l'avouer, car il recommande à la fin de sa réponse de modifier sa formule corrigée, et de ne prendre que 200 cc. de lessive au lieu de 300 cc., *en renonçant à la formation de phénate*.

De mon côté, je reste, même dans ce cas, à ma première opinion, c'est-à-dire qu'il vaut mieux ne neutraliser qu'un seul groupe HCl, c'est-à-dire employer 100 cc. au lieu de 300 cc. de lessive de soude, car on obtient dans ce cas un révélateur qui donne des négatifs plus purs que si l'on emploie 200 cc. de lessive.

Vienne, février 1905.

E. VALENTA

---

---

## NÉCROLOGIE

---

La *Revue des Sciences photographiques* vient de perdre l'un de ses premiers et plus éminents collaborateurs, le commandant LEGROS, dont l'*Etude sur la Focimétrie photogrammétrique*, fut très remarquée.

Victor-Antoine-Michel LEGROS, né le 18 janvier 1843, à Saint-Etienne-en-Forêt, commença ses études au collège de Montreuil-sur-Mer et les termina au Lycée Charlemagne. Sorti second de Saint-Cyr, il fut nommé commandant en 1885 et fait chevalier de la Légion d'honneur en 1889. Il fut un puissant travailleur et un critique militaire éminent. Son étude comparée des divers types de fusils de guerre est classique. Il rendit la métrophotographie accessible aux nombreux possesseurs d'appareils ordinaires en réduisant au strict nécessaire les pièces à ajouter à une chambre noire pour la rendre photogrammétrique. Ses *Eléments de photogrammétrique* restent le guide le plus clair des méthodes d'application de la photographie au lever des plans.

Le commandant LEGROS a succombé, le 31 août 1905, dans sa 63<sup>e</sup> année, après une courte maladie qu'il avait négligée à son origine.

---

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

# LE SILHOUETTAGE ET L'IRRADIATION PHOTOGRAPHIQUES



## I. — HISTORIQUE — DÉFINITIONS

**Le silhouettage.** — Le silhouettage photographique, c'est-à-dire l'apparition de liserés surnuméraires aux confins de plages fortement contrastées, a dû être connu dès les premiers temps de la photographie, car nous verrons qu'il est particulièrement favorisé par les longs développements, auxquels on ne se faisait pas faute de recourir pour essayer de compenser, jadis, le peu de sensibilité des couches. C'est évidemment à lui qu'était dû « le bord noir attestant une action négative des rayons » que FOUCAULT ET FIZEAU (1) trouvaient quelquefois en guise de « pénombre », aux limites supérieure et inférieure des « apparences singulières et contradictoires » de leur bande spectrale, partiellement inversée par survoilage (2).

Le terme lui-même de *silhouettage*, ou du moins son application spéciale en photographie, — car on sait qu'il remonte fort loin, sous Louis XV, à un certain Etienne de Silhouette, qui s'était distingué dans l'art de découper des portraits en noir sur fond blanc (3), longtemps avant que le physicien CHARLES, en 1780, et l'Anglais WEDGWOOD, en 1802 (4), eussent essayé de faire de l'*ombromanie* automatique, en fixant par le nitrate d'argent des profils sur papier (5); — le terme, dans sa spécialisation, paraît moins ancien, car DE LA BLANCHÈRE ne le prononce pas lorsque, parlant des recherches faites en Angleterre, en 1858, sur sa récente observation des épreuves « amphipositives », c'est-à-dire des épreuves plus ou moins complètement inversées par surdéveloppement, il indique très nettement le phénomène. « Toujours une auréole transparente se déclare entre le fond, gris le

(1) FOUCAULT ET FIZEAU, Sur l'action des rayons rouges sur les plaques daguerriennes. *C. R. Ac. Sc.* XXII, 747; 1846.

(2) Toutes les fois que l'on photographie un spectre par échelons, sur une seule plaque, on voit la région de plus grand actinisme de chaque pose déborder d'abord en noir sur la pose inférieure, puis en blanc dès qu'arrive le déclin de surexposition.

(3) D'autres prétendent que ce ne fut nullement pour ce talent spécial, que M. de Silhouette vit son nom passer à la postérité, mais bien à la suite de mésaventures retentissantes qui firent mettre d'abord ce nom à toutes sauces..... noires, et l'identifièrent finalement à une sorte de profils, très à la mode, que leur vogue même condamnait à n'être le plus souvent, entre des mains de médiocre talent, que des portraits de « chevalier de triste figure ».

(4) *Journal of the Roy. Inst. of Great Britain*, I, 170; 1802.

(5) Premier exemple d'utilisation de l'inversion des propriétés des sels d'argent; car il est évident que ce n'est que grâce à la *solarisation* par la lumière ambiante que se pouvait dessiner en noir la réserve ombrée.



plus souvent, ou les contours des ombres, ou les habillements plus foncés, et les gris ou chairs (1). » Évidemment, ce qu'il en a vu, ce n'est point le vulgaire liseré gris dû à de petits déplacements des objets clairs sur les fonds noirs autour de leur position moyenne, pendant les longues poses, car il spécifie, dans une communication à la Société de Photographie (2), que c'est, ainsi que l'avait déjà remarqué SCHOUWALOFF (3), « entre la partie positive et la partie négative de l'image, que se remarquent les auréoles » ; c'est donc bien, quoique non dénommé, le vrai *silhouettage blanc* dont nous aurons à voir bientôt des exemples et à reconnaître exactement les causes.

En 1867, l'Anglais SIDEBOTHAM (4) ne se sert pas encore du mot *silhouettage*, mais bien de celui d'*irradiation*, — qu'il nous faut retenir, car c'est d'Angleterre, en définitive, que *s'irradiera*, pour nous, la lumière, — et, par là, il désignait assez vaguement « certains phénomènes non encore expliqués », qu'il présentait pourtant différents de ceux de simple *solarisation*.

R. COLSON, au contraire, en 1898, emploie le mot comme s'il était courant (5), en traitant d'un *silhouettage*, blanc et noir, qui fait qu'au contact de deux teintes voisines très contrastées « la plus foncée se borde intérieurement d'un liseré encore plus foncé, et le bord intérieur de la plus claire s'éclaircit. » Nous aurons à montrer ultérieurement, d'après les propres données de cet auteur, combien peu justifiée était l'attribution qu'il faisait à certaines circonstances de diffusion qui, à ce moment, fixaient son attention, de la cause d'un phénomène imputable uniquement à des circonstances de surdéveloppement ou de surpose.

Mais c'était la première tentative d'explication scientifique, et, quoique nous en eussions nous-même, presque aussitôt, montré le point faible (6), le souvenir en avait si bien marqué dans notre esprit, que, le jour où la question fut incidemment soulevée à la *Société française de Physique* (7), ce fut le seul qui nous revint, sur le moment, à l'appui de notre remarque personnelle « que les faits notoires de *silhouettage*, tels que venait d'en signaler quelques-uns M. P. VILLARD, étaient, à notre connaissance, absolument indépendants de la superposition de deux impressions successives, et parfaitement observables en prenant directement, avec

(1) H. DE LA BLANCHÈRE, *L'Art du photographe*, p. 130, 8°, Paris, Amyot; 1859.

(2) H. DE LA BLANCHÈRE, *Epreuves amphitypes*, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), VI, 6; 1860.

(3) SCHOUWALOFF, *Sur une modification légère du procédé ordinaire au collodion donnant des positives directes*, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), V, 296; 1859.

(4) J. SIDEBOTHAM, *On the reversed action of light in photography*, *Proc. Litt. Phil. Sy. Manchester*, VI, 114-118; 1867. *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), XIII, 218; 1867.

(5) R. COLSON, *Renforcements et affaiblissements produits autour des impressions photographiques par le développement*, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XIV, 76; 1898. Le développement confiné, *Id.*, p. 108.

(6) A. GUÉBIARD, *Du rôle de la diffusion dans les bains révélateurs*, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVI, 1341; 9 mai 1898.

(7) P. VILLARD, *Soc. fr. de Physique*, 3 février 1905. « Très souvent, disait l'auteur, quand une plaque est soumise successivement à deux impressions, et que, pendant l'une d'elles, cette plaque a été localement protégée par un écran, on observe un liseré clair, entourant la silhouette de l'écran... On n'observe rien de semblable lorsqu'on délimite les régions adjacentes en projetant une image donnée par un objectif... »

un objectif, ou par contact, l'image de régions adjacentes fortement contrastées, pourvu que, soit par surexposition, soit par sur développement, l'on amène le phototype à cette phase intermédiaire de l'inversion, mi-positive, mi-négative, pour laquelle avait été inventé jadis le mot d'*amphitype*. »

Cette constatation de fait, absolument positive, était résultée pour nous du très grand nombre de cas de silhouettage qu'il nous avait été donné d'observer fortuitement, depuis nos anciennes expériences sur l'*auréole* (halo) *photographique* (1), jusqu'à nos dernières sur les au-delà de la fonction photographique (2), et une heureuse coïncidence nous permit de signaler, séance tenante, dans le n° 9 de la *Revue des Sciences photographiques*, que nous venions précisément de déposer sur le bureau, une planche de notre mémoire *Sur l'inversion*, où se voit, sur l'épreuve d'un cliché à poses échelonnées (mais point superposées, et d'ailleurs prises à travers un objectif), un exemple caractéristique, et mentionné comme tel dans la légende, de *silhouettage blanc*, manifeste sur la seule portion du cliché intermédiaire entre l'inversion totale et l'inversion nulle. Cette même condition se trouvait d'ailleurs réalisée dans tous les clichés projetés, en séance qui ne montraient le silhouettage que sur une portion moyenne, très limitée, de la surface totale, sur laquelle avait uniformément agi, sans le produire uniformément, la condition de double impression à laquelle on le rattachait. Mais, si cela précisait de plus en plus une des conditions expérimentales du phénomène et fournissait le moyen de le reproduire dorénavant à volonté, cela n'en indiquait pas la cause, et nous étions si loin de la soupçonner, qu'oubliant nos objections d'antan à la théorie de R. COLSON, nous inclinions à la chercher dans « les perturbations mécaniques apportées, dans le bain trouble, au libre jeu de la diffusion (et peut-être, ajoutons-nous, de certaines polarisations électrochimiques) (3) par les inégalités de la sculpture en creux de la gélatine ou de sa turgescence en relief. »

D'ailleurs, ayant dû quitter Paris à ce moment-là, pour reprendre en province d'anciennes études géologiques qui nous rappelaient impérieusement, nous ne songions nullement à poursuivre le problème, lorsque le hasard de la lecture d'un article de *Revue* (4) nous amena à référer à notre ancienne notice sur l'*auréole*

(1) A. GUÉBIARD, L'Auréole photographique, *Monit. de la Photographie*, XXIX, 413-419 ; 1890.

(2) A. GUÉBIARD, La Fonction photographique, *Journ. de Phys. théor. et appliq.* (4), IV, 334-348 ; 1904.

(3) L'intervention de l'électricité dans le jeu intime de la révélation, soupçonnée par maints auteurs (voir nos précédents articles), est bien mise hors de doute par cette expérience élémentaire (A. GUÉBIARD, Photographie sans lumière ! *Photo-Midi*, I, 45 ; 1898), qui consiste à poser simplement sur une plaque voilée, immergée dans le bain, une pièce de monnaie qui, emprisonnant à l'intérieur de son listel, supposé intact, une quantité limitée de liquide, infiniment mieux *confiné* que dans le procédé Colson, donne, au bout d'un certain temps, par simple proportionnalité locale de l'action réductrice à l'épaisseur du liquide immobilisé, une image parfaitement modelée, avec les reliefs en clair. Si c'est une pièce d'or que l'on a employée, on la retire aussi régulièrement argentée que par la galvanoplastie, et l'enduit est si bien adhérent qu'il faut un frottement énergique ou un dissolvant chimique pour l'enlever.

(4) F. MENTRE, L'attribution et le baptême des inventions. *Rev. scient.* (5), III, 609 ; mai 1905. Cet article évoqua pour nous un exemple vécu de ces coïncidences de découvertes faites à un même moment par des chercheurs divers. Lorsque, en avril 1890, ayant, après quatre

*photographique*, expliquée, d'après ABNEY, par l'*irradiation*. Or, à propos de ce dernier mot, nous avons écrit, en note: « Tel est le terme dont se sert ABNEY, terme bien plus juste que celui de *halo*, depuis longtemps réservé à un phénomène météorologique, d'ordre bien plus complexe, et pour ainsi dire inverse du nôtre, puisque nos couronnes ont le bleu à l'intérieur, au lieu du rouge, comme les couronnes solaires(1). D'ailleurs ABNEY implique, sous le titre qu'il a choisi, une seconde espèce d'altération des images photographiques, due, celle-là, à une véritable *irradiation* superficielle, localisée dans l'épaisseur même de la couche sensible, et produite par la diffusion horizontale de ceux des rayons incidents qui rencontrent sous un angle voisin de  $45^\circ$  les petites sphères de bromure d'argent. Mais cette altération est si minime que, sans pouvoir être négligée dans la photographie scientifique, surtout appliquée à l'astronomie il n'y a pas lieu d'y attacher d'importance au point de vue de la photographie ordinaire. Et comme elle mérite cependant un nom, nous proposons de lui réserver spécialement celui d'*irradiation*, en laissant au météore céleste son nom scientifique de *halo*, et en gardant pour l'art banal le nom banal et sans prétention d'*auréole*. »

Nous verrons plus tard combien plus encore aujourd'hui seraient justifiées ces distinctions de terminologie, si, malheureusement, la photographie n'était, de

mois d'expérimentation incessante, dans notre retraite de province, découvert enfin la loi géométrique de l'*auréole photographique* (*loc. cit.*), nous voulûmes, avant de rien publier, aller étudier à Paris la bibliographie de la question, nous nous vîmes devancé, d'abord par le regretté A. CORNU, Sur le halo des lames épaisses, ou halo photographique et les moyens de le faire disparaître (*C. R. Ac. Sc.*, CX, 551; 17 mars 1890; *Journ. de phys.* (2), IX, 270-277; 1890), qui, d'ailleurs, en plus de la solution, apportait le remède pratique d'où devait sortir une base certaine pour l'industrie des plaques dites *anti-halo*; puis, presque en même temps, par MM. A. ET L. LUMIÈRE (*Le Progrès photographique*, VII, 70; avril 1890) qui n'apportaient rien que ce dont nous leur avions nous-même assez naïvement fourni la clef en leur commandant notre matériel d'étude. Mais ce qui bientôt nous consola du record perdu par excès de conscience, ce fut qu'aux premiers résultats de nos prudentes fouilles rétrospectives, nous nous aperçûmes, que, pour ne s'être point attardés au scrupule de l'humble provincial, le savant académicien de Paris et l'avisé industriel de Lyon, faute d'une documentation qui leur était facile, s'étaient mis sciemment dans le même cas, et que, tous, nous n'avions fait que réinventer ce qui, quinze ans auparavant, avait été exposé, de la manière la plus complète, par l'illustre astronome anglais, Sir WILLIAM ABNEY, dans un mémoire (Capt. ABNEY, On Photographic Irradiation, *Philos. Magaz.* (4), L, 46-52, 3 fig.; 1875) que venait de largement résumer un volume tout récent de la bibliothèque photographique de Gauthier Villars (A. DE LA BAUME PLUVINEL, Le temps de pose, in-18 de 120 p., ch. V.; 1890). Quadruple coïncidence de dates, complétée bientôt d'une revendication des frères HENRY (*C. R. Ac. Sc.*, CX, 751, mars 1890), qui déclarèrent pratiquer depuis longtemps, pour leurs photographies astronomiques, le genre de correction rigoureusement défini par CORNU, mais déjà explicitement indiqué par ABNEY. Preuve nouvelle de la longue période de *latence* que doit subir toute découverte trop tôt venue, quitte à ce qu'un jour arrive, où, la question se trouvant, comme je disais, « dans les airs », la réinvention se fait de toutes sortes de côtés à la fois, parce que mûre, nécessaire, mais, dorénavant aussi, presque sûrement anonyme, ou à tout autre rapportée qu'à son véritable premier auteur.

(1) Un moyen pour s'en rendre compte, encore plus simplement que ne l'indiquait CORNU (*loc. cit.*), consiste à faire tomber l'image du soleil, même à travers sténopé, sur la glace dépolie de la chambre photographique ordinaire.



toutes les sciences, celle qui a le moins cure du juste parler. Mais le seul rappel d'une distinction de fait entre deux parts de l'irradiation, l'une pénétrant dans le support transparent de la surface sensible et produisant, suivant les lois ordinaires de la réflexion, par son retour, les auréolements dits de *halo* ; l'autre, emprisonnée entre les deux plans limite de la couche, et cause de phénomènes encore indéterminés ; cette distinction fut le trait de lumière : ces effets « encore indéterminés » d'une cause connue ne devaient être autres que ceux du *silhouettage*, mis en évidence par la marche du développement, telle que venaient de la schématiser nos récentes études, dans ses rapports avec l'inversion. Tout de suite il nous apparut que si l'irradiation faisait naître, en bordure de toute plage fortement impressionnée, une zone d'impression supplémentaire débordant sur la plage voisine, il pouvait, il *devait* advenir que, dans la marche du développement (fig. 1),

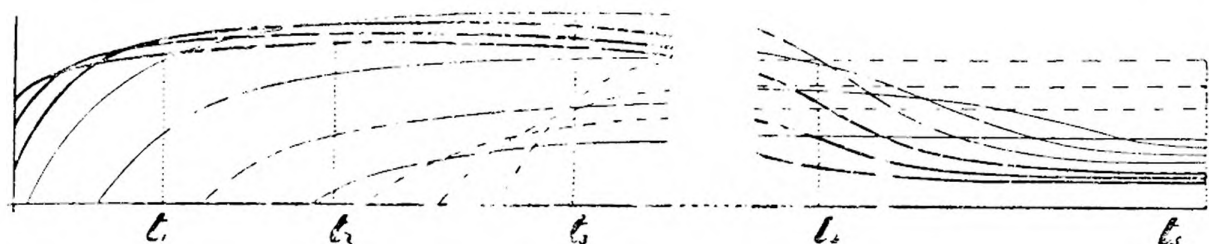


Fig. 1. Graphique synoptique de la marche du noircissement en fonction de la durée du développement en bain lent, pour diverses valeurs de l'impression.

la courbe représentative de cette troisième valeur accidentelle, intermédiaire entre les deux autres, ne restât pas toujours intermédiaire elle-même et représentative d'un simple flou, ou dégradé, mais se détachât, aux environs de la rencontre des deux autres, c'est-à-dire aux approches de l'inversion, soit au-dessus, soit en dessous, comme signe de *silhouettage* ou noir ou blanc.

Mais que devenaient alors nos vagues réminiscences, d'après Colson, du rôle de la diffusion ? Qu'avait pu dire cet auteur, et qu'avions-nous dit nous-même à ce sujet ?

« Supposons, disait COLSON (1), qu'on développe deux impressions lumineuses voisines, notablement différentes : la portion du bain en contact avec la plus impressionnée s'appauvrit en éléments du révélateur, d'où appel tendant à puiser ces éléments par diffusion tout autour dans un certain rayon. Si la surface est loin du bord, les actions latérales sont symétriques : mais si, tout en restant à l'intérieur de l'impression forte, elle vient près de la région moins impressionnée dans laquelle les éléments du révélateur sont moins consommés, ceux-ci répondent à l'appel en plus grande quantité. Il en résulte que, le long de la limite commune, la teinte foncée est bordée intérieurement d'un trait encore plus foncé, et la teinte claire d'un trait plus clair. » Explication parfaitement spécieuse, mais pour le cas seulement, que nous avons nous-même signalé précédemment, d'un liquide réellement confiné et empêché d'exercer, autrement que tangentielllement à la sur-

(1) R. COLSON, Influence de la diffusion des éléments du révélateur dans le développement photographique, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVI, 470 ; 7 février 1898.

face sensible, son appel de diffusion. C'est ce qui se trouvait réalisé exactement dans l'observation que j'avais citée quelque temps auparavant (1) de houppettes lumineuses qui se dessinent très intensément, sur plaque voilée, à la brèche du listel d'une pièce de monnaie appliquée dessus pour en obtenir la photographie directe, sans lumière, par simple action différentielle du révélateur, ou, plus démonstrativement encore, à la fêlure d'une bobèche de verre, qui, suivant que celle-ci émerge par sa petite ou sa grande base, diminue ou accroît la répartition superficielle de l'activité du révélateur sur le cercle emprisonné, et montre l'appel dirigé tantôt en dedans, tantôt en dehors, mais toujours de la plage la plus venue vers l'autre.

Rien de tel n'existait dans l'expérience de R. COLSON, qui consistait à mettre dans le bain de métol « deux plaques, l'une A impressionnée sous un cliché, l'autre B, modérément voilée, inclinées l'une sur l'autre, depuis le contact jusqu'à un écartement de 3 mm., les gélatines en regard ; au bout d'une heure, la plaque A montre une image qui, pour des épaisseurs de bain supérieures à 1 mm., est voilée et couverte des stries bien connues qui prennent naissance dans le développement tranquille ; puis l'image diminue d'intensité avec l'épaisseur, en restant encore très visible jusqu'au contact et très pure pour une épaisseur de 0 mm. 5 et au-dessous. Le silhouettage se manifeste surtout lorsque l'épaisseur devient inférieure à 1 mm.... »

Mais nulle part, sur les bords, où pouvait le plus librement se satisfaire l'appel de la diffusion, n'apparaît un foncement de teinte : preuve, dit l'auteur (2), que « les parties actives du liquide n'ont pas pénétré sensiblement entre les deux plaques ; ... la diffusion se fait donc très mal dans le liquide en repos... » ce qui ne l'empêche pas de conclure : « Cette méthode favorise le silhouettage puisqu'elle accentue l'influence de la diffusion latérale. » Pourquoi, alors, cette diffusion, qui s'accroît au fur et à mesure qu'on la gêne, ne se montre-t-elle pas encore plus accentuée là où elle est tout à fait gênée, c'est-à-dire sous les plus petites épaisseurs, que là où elle est tout à fait libre, sur les bords ? Et pourquoi pas sur les deux plaques, face à face, corrélativement ? Aurait-elle donc, toutes autres conditions égales, des préférences verticales ?

Objections dirimantes avec la théorie de la diffusion, tandis qu'apparaît bien nette, ici, la condition qu'on retrouve dans tous les cas signalés de silhouettage, du développement *amphitype*, intermédiaire entre le normal et l'exagéré, n'occupant que juste la portion moyenne entre l'action nulle et l'action maximum du révélateur.

**Faux silhouettages.** — Mais force nous est d'insister sur une autre catégorie de phénomènes, qui ont servi de point de départ aux observations de R. COLSON, par suite de la confusion qu'il en a faite avec ceux du silhouettage, quoique absolument distincts, et d'aspect, et de cause.

(1) A. GUÉHARD, Sur un procédé simple de transformation directe, en clichés photographiques, des clichés typographiques, et autres objets faible relief plan, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVI, 42 ; 3 janvier 1898.

(2) R. COLSON, Le développement confiné, *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XIV, 109 ; 1898.



« En disposant, dit R. COLSON, sur le verre d'une plaque retournée sur le bain révélateur soit les doigts, soit des corps métalliques chauffés par la main ou par un autre source calorifique, j'ai montré que la chaleur produit l'impression en accélérant l'oxydation du révélateur et la réduction du bromure d'argent; j'ai montré aussi que l'appauvrissement qui en résulte dans le révélateur en contact avec les parties impressionnées détermine un appel des substances actives qui sont encore en dissolution dans les parties voisines, d'où régions plus claires en apparence semblables à des effluves. » C'était la répétition, dans des conditions moins précises, de mes expériences, publiées trois mois auparavant (1), d'où résultait avec évidence que si la production d'effluves (lignes de flux), dans le liquide, était bien due à la chaleur, ce ne pouvait être celle-ci qui les enregistrait, puisque, sur une même verticale de *pôle thermique* l'enregistrement se dessinait tantôt en blanc, tantôt en noir, suivant l'orientation, sur des surfaces sensibles empilées, par une sorte de « pseudo-induction analogue à celle de l'électricité ».

Plus tard (2) je devais démontrer par la reproduction des mêmes figures sans intervention de la chaleur, et le remplacement des pôles chauds et froids par d'autres de simple afflux et efflux, que tout dépendait uniquement du sens du mouvement provoqué dans le liquide par rapport aux surfaces sensibles rencontrées, et qu'en mettant, par exemple, en dessous du verre d'une plaque photographique, formant fond de cuvette, un pôle chaud et un froid, c'était celui-ci qui montrait un noircissement, auquel, par conséquent, « l'accélération de l'oxydation du révélateur et de la réduction du bromure par la chaleur » étaient plus qu'étrangères.

Rien de commun, d'ailleurs, entre les brusques liserés, à section dissymétrique ou unilatérale du vrai *silhouettage* linéaire et les impressions d'effluves, alternativement blanches ou noires, à sections individuellement symétriques, et, dans leur ensemble, sinusoïdalement répétées sur de grandes surfaces.

Comment expliquer par une force agissant sphériquement dans un très court rayon, de l'ordre du millimètre, ces longues traînées, montrant, dans deux sens perpendiculaires, une constitution tout opposée, et dessinant, à ne s'y pouvoir méprendre, les lignes de flux, les tubes de force des déplacements internes de la masse liquide, plutôt que les échanges intermoléculaires de ses constituants chimiques? Est-ce simplement par la différenciation du heurt de la gélatine sur la droite et la gauche des filets hélicoïdaux, que se produit, comme dans nos expériences précitées, l'enregistrement en noir ou blanc de leurs directions? Serait-ce, comme nous l'avions présumé pour les tachetages observables dans les bains abandonnés au repos (3), et comme l'a établi II. BÉNARD, pour les courants

(1) A. GUÉBHARD, Sur un mode d'enregistrement des effluves thermiques, *C. R. Ac. Sc.*, CXXV, 814, 5 fig. : 15 novembre 1897.

(2) A. GUÉBHARD, Sur la prépondérance de l'action mécanique des courants de convection, dans les enregistrements de figures d'effluves sur plaques voilées soumises à l'action de pôles thermiques dans les bains révélateurs. *C. R. Ac. Sc.*, CXXVI, 589; 21 février 1898.

(3) A. GUÉBHARD, Sur les phénomènes de ségrégation moléculaire observables dans les liquides abandonnés au repos. *Bull. Soc. fr. Phys.*, 1897, p. 107-115, 8 pl.

de convection de la chaleur d'une face à l'autre du liquide (1), par le tri mécanique des particules inégalement actives du bain, automatiquement sélectionnées, avec une régularité mathématique (2), par le mouvement tourbillonnaire interne auquel aboutit tout équilibre mobile d'une masse fluide en mouvement stationnaire? Ce qu'il y a de certain, c'est que, si cette sorte de balayage interne tend à l'homogénéité physique, comme, à l'homogénéité chimique, la diffusion, celle-ci, dont le rôle, même confiné au *développement confiné*, ne semble pas avoir gagné grand chose aux développements de R. COLSON, n'a, pas plus que la chaleur, en tant qu'agent chimique, aucune part dans la formation des dessins d'*effluves*, qui n'ont eux-mêmes absolument rien de commun avec le *silhouettage* proprement dit.

Aussi peut-on deviner la valeur de l'extension faite à celui-ci du remède que j'avais (3), en réponse à certaines divagations spirites, indiqué pour l'autre : « Un des remèdes, conclut R. COLSON (parlant du silhouettage) c'est d'agiter le bain » (4). Parfait, pour les effluves proprement dits ; mais, pour le reste, simple formule sans sanction, digne de faire figure au répertoire de recettes de tout acabit que ne cessent de servir et resservir au bon public photographique les grands et petits médecastres pour accidents spéciaux.

Non moins illusoire eût été, d'ailleurs, si promue au rang de remède, la conséquence à tirer de l'une de nos propres phrases, totalement oubliée, que nous exhumons (5) : « Quant au silhouettage communément observable à la séparation des plages fortement et faiblement impressionnées, comme il ne se manifeste jamais sur pellicule ou papier, mais seulement sur verre, il ne doit être autre que le phénomène de l'*irradiation*, dont ABNEY a formulé la loi trop oubliée, et CORNU le remède trop peu appliqué. »

La prémisse était certainement fausse, car nous sommes devenu maître aujourd'hui de produire, par surdéveloppement, le silhouettage, à volonté, sur n'importe quelle surface émulsionnée. Il est évident que nous confondions alors ce silhouettage-là (celui du *développement confiné* de Colson), avec les manifestations (toujours concomitantes, sur supports vitreux) des auréolements de double réflexion, que nous venions d'étudier. Pas plus que d'autres nous ne sommes à l'abri de ce faible humain qui consiste à tout regarder à travers les dernières lunettes chaussées.

(1) H. BÉNARD, Sur les tourbillons cellulaires, *Journ. de Phys.* (3), IX, 513 ; 1900 et X, 254-266 ; 1901. *Rev. gén. des Sciences*, XI, 1261-1271 et 1309-1319 ; 1900.

(2) Il est à peu près certain que c'est à ce tri mécanique effectué par les forces capillaires, dont on peut suivre les mouvements très actifs à l'intérieur de tous les ménisques sur le bord des cuvettes contenant un révélateur vieilli, que sont dus les faux silhouettages d'auréoles blanches et noires, qu'on voit encercler, souvent, l'empreinte des objets apposés sur plaque voilée et dessiner des lignes fermées, du système orthogonal à celui des lignes de flux, très distinctes par conséquent de celles-ci, quoique confondues ensemble dans la très large compréhension du *silhouettage* de COLSON.

(3) A. GUÉBHARD, Sur les prétendus enregistrements photographiques de fluide vital. *La Vie Scientifique*, nos 106, 108, 110 ; 1897.

(4) R. COLSON, *Bull. Soc. Phot.* (2), XIV, 77 ; 1898.

(5) A. GUÉBHARD, Du rôle de la diffusion dans les bains révélateurs, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVI, 1441 ; 1898.

Mais il n'en sera que plus curieux de voir ce faux départ prématuré nous mener au même but lointain que, de longues années après, nous devons toucher, de manière tout indépendante. Pourquoi, dès alors, ne fut-il pas atteint ? Pourquoi l'élan fut-il perdu ? Le terrain, évidemment, n'était pas prêt. Pour le débayer de quelques erreurs, nous en ajoutions une autre nous-même; les matériaux manquaient pour édifier, et « malgré des centaines d'expériences, ajoutons-nous..., tout cela n'a mené encore qu'à une constatation : l'impossibilité de formuler des conclusions hâtives, et de généraliser prématurément des observations partielles. »

Pour arriver à ces conclusions formelles et aux généralisations définitives, il fallait indispensablement que, d'abord, eût été établie la loi du développement en fonction du temps, qu'ensuite eussent été découvertes, — toujours par un de ces heureux hasards, si profitables à qui ne croit pas au hasard ! — les singularités du surdéveloppement, et qu'enfin, par un suprême effort de simplification libératrice, afin d'échapper à l'obsédante incompréhension d'une trop abondante littérature spéciale remuée à ce sujet, toutes ces données nouvelles, jointes à la multitude éparsée de celles du passé, eussent été groupées en une formule synthétique, où dût rentrer tout naturellement, à son heure, le dernier détail demeuré hors cadres d'entre tous ceux qui avaient frappé le physicien devenu photographe.

Dorénavant c'est à la clarté de ces vues dirigeantes, compendieusement établies en de précédents mémoires (1), que nous allons nous avancer, et, au lieu de louvoyer au hasard des faits de rencontre, nous allons marcher au devant, conduits sûrement par la boussole directrice, prévoyant le but, sans plus craindre les écueils.

**L'irradiation.** — Si le *silhouettage* n'est qu'un cas particulier de l'*irradiation*, il nous faut d'abord étudier celle-ci. ARNEY (2) lui donne pour origine les réflexions diffusives que subirait tout pinceau lumineux — tel un jet d'eau lancé sur une sphère — à la rencontre des particules solides de bromure d'argent, en suspension dans la couche transparente, d'indice de réfraction supposé identique à celui du support vitreux. Admettons, pour la simplicité des calculs, une incidence normale à la surface sensible, rencontrant, sous un angle  $\theta$ , un globule en contact avec le support, d'épaisseur  $t$ . Si  $\theta < \frac{\pi}{4}$  (fig. 2), le rayon réfléchi, dirigé vers le bas (3) vient atteindre la surface inférieure du verre à une distance  $x$  de la verticale du centre, telle que, négligeant  $r$ , infiniment petit par rapport à  $t$ , l'on a  $x = t \cdot \operatorname{tg}.2\theta$ , de sorte que si l'on calcule, sans tenir compte de l'absorption, la

(1) A. GUÉHARD, *Revue des Sciences Photographiques*, I, 257-269; déc. 1904, II, 97-114; juillet 1905, II, 161-187; sept. 1905.

(2) *Loc. cit.*

(3) Dans le mémoire original, une erreur du graveur, qui a oublié la tangente au point d'incidence, et de nombreuses fautes d'impression dans les formules, rendent la démonstration difficile à suivre.

proportion  $i'$  de la lumière incidente  $i$  qui parvient au petit élément  $x$  de la surface postérieure de la plaque, on la trouve égale à  $i' = i \frac{tr^2}{4(r^2 + x^2)^2}$ .

Or, de cette intensité, la plus grande partie, tant que  $\theta$  est petit, poursuit son chemin au delà de la plaque et va se perdre en arrière. Mais, au fur et à mesure que  $\theta$  grandit, une proportion de plus en plus grande, ainsi que le montre la partie supérieure de la fig. 3 se réfléchit vers le haut, et vient, à distance double, réimpressionner par derrière la couche sensible. Même, à partir d'un certain angle cri-

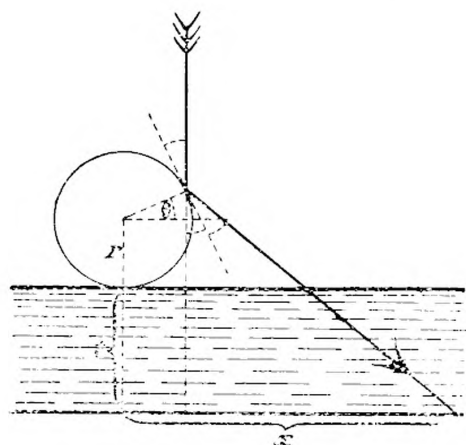


Fig. 2.

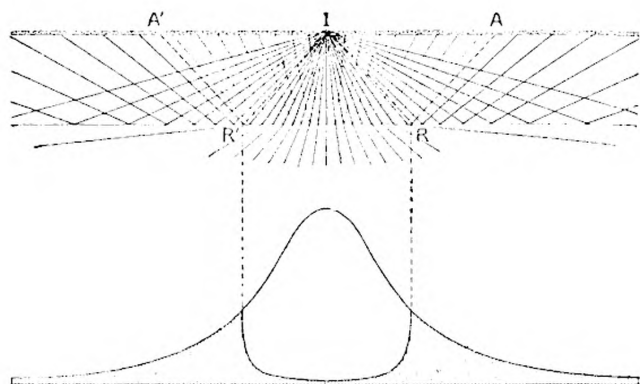


Fig. 3.

tique  $\chi$ , la réflexion est totale, et si l'on calcule, d'une part, par la formule précédente, la courbe des  $i'$ , et, de l'autre, par celle de Fresnel, la portion de  $i'$  qui, entre 0 et  $\chi$ , est renvoyée en haut par réflexion, on obtient, par l'intersection des deux courbes, la partie ombrée de la fig. 3, qui donne, en doublant les abscisses, la répartition d'activité de la portion de lumière irradiée rendue efficace par la réflexion du support de la couche sensible. Il en résulte, à une distance proportionnelle à l'épaisseur  $t$  de la plaque, cet anneau, brusquement dégradé vers l'intérieur, et lentement étalé au dehors, que tous les photographes ont eu l'occasion d'observer, en développant des vues de nuit, autour des luminaires, surtout depuis l'ère de l'électricité. Comme l'indice de réfraction du verre est très voisin de  $\frac{3}{2}$ , on trouve facilement que le rayon de l'anneau doit être égal à  $1,789 t$ , soit un peu moins du double de l'épaisseur du verre. Mais l'éclat, notons ce détail, auquel nous aurons besoin d'avoir recours, sera d'autant plus grand que l'épaisseur sera moindre, car tout se passe, ainsi que l'a fait remarquer CORNU, comme si la gélatine était illuminée par une source symétrique du centre d'irradiation par rapport à la surface postérieure du verre, formant miroir. Donc à égalité d'éclat, l'éclairement variera en raison du carré de la distance, c'est-à-dire de l'épaisseur.

Quant au remède, il est — théoriquement — très simple : empêcher toute réflexion, même partielle, en ouvrant à tous les rayons l'entrée d'un milieu, en contact

optique absolu, d'indice de réfraction rigoureusement égal à celui du verre (1), et suffisamment absorbant pour ne plus rien laisser sortir de ce qui s'y viendrait perdre. Malheureusement ce remède ne peut rien (2) contre l'autre moitié de l'irradiation,  $\theta > \frac{\pi}{4}$ , qu'il nous reste à étudier, et dont la correction, même théorique, paraît difficilement conciliable avec l'emploi des émulsions.

**Irradiation latérale (3).** — Même au point de vue abstrait, cette portion de l'irradiation n'a conduit à aucun résultat satisfaisant. ABNEY, l'on ne sait trop pourquoi, au lieu de suivre le rayon à partir du centre, entre les deux surfaces où il se trouve étroitement emprisonné, ne s'est occupé que de l'effet produit sur une tranche perpendiculaire, située à une distance  $h$  (fig. 4), où il suppose que le rayon arrive directement, sans réflexion ni déflexion nouvelles; prenant pour inconnue la hauteur  $x$  du point irradié au-dessus du plan équatorial, il retrouve, pour

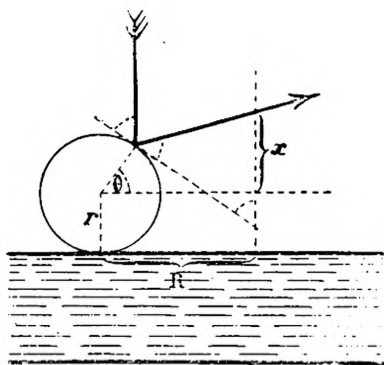


Fig. 4.

l'intensité d'irradiation, la valeur  $i' = i \frac{hr^2}{4(h^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$ , qui indique l'existence d'un maximum d'illumination, dans un certain plan qui est le plan équatorial lui-même, lorsqu'on suppose  $h$  très grand par rapport à  $r$ .

(1) Pour le cas d'un indice différent, mais d'un corps, tel qu'un liquide, pouvant entrer en contact optique avec le verre, A. et L. LUMIÈRE (Application de la photographie à la mesure des indices de réfraction, *C. R. Ac. Sc.*, CXXIV, 1438; 1898) assurent arriver à le déterminer à 1/1000 près, par la mesure, effectuable, selon eux, à moins de 0mm01, du diamètre  $R$ , de l'auréole observée sur une plaque d'épaisseur  $e$  (connue à 1  $\mu$  près), à la face inférieure de laquelle serait simplement accolé un papier noir imbibé du liquide réfringent. L'indice serait alors donné par la formule 
$$nR = \frac{4e^2 + R^2}{4}$$

(2) De là les surprises et désenchantements des astronomes que tous les inconvénients de la plaque sèche moderne n'ont pas réussi à ramener au procédé de Daguerre. Même avec la lune (MONTANGERAND, Observation photographique de l'éclipse de lune du 41 avril 1903, *C. R. Ac. Sc.*, CXXXVI, 950; 1903, « l'image du bord non éclipsé étant naturellement surexposée, le halo se produit, malgré le vernis anti-halo des plaques Lumière. » C'est que le meilleur des anti-halo ne peut enlever que le halo, et non l'irradiation latérale qui en est indépendante, et de laquelle il est étonnant que personne ne se soit plus occupé après l'avertissement (insuffisamment développé, il est vrai) de l'illustre astronome anglais.

(3) Dans une note préliminaire à l'Académie des Sciences (*C. R.*, CXL, 1346, 29 mai 1905), j'avais employé l'expression d'irradiation tangentielle, emporté par cette idée, plus imagée, que juste, de rayons filant par la tangente hors de leur direction, emprisonnés définitivement entre les deux faces d'une couche sensible infiniment mince, confondus tangentiellement dans un plan commun. Il y avait là comme une opposition implicite avec l'irradiation normale, celle qui atteint presque perpendiculairement la surface inférieure. Mais, à rigou-



Mais était-ce bien là l'inconnue intéressante, plutôt que la distance au pôle d'irradiation ? Pour tenir compte de celle-ci, ABNEY fait bien intervenir, à la fin, la formule de l'absorption : mais aucune de ses vérifications expérimentales ne confirme ses calculs et il ne retrouve plus du tout les excellentes concordances de l'autre cas.

Or il suffirait, dans la figure 4, d'intervertir les lettres  $h$  et  $x$ , pour retrouver, à un signe près, la même valeur de  $x$  que dans les équations du premier cas :

$$x = r \cos \theta + r \sin \theta \operatorname{tg} 2 \theta - h \operatorname{tg} 2 \theta$$

Il est vrai qu'il n'est plus permis de traiter  $r$  comme négligeable par rapport à  $h$ . Mais comme rien n'empêche de ne considérer que des valeurs un peu grandes de  $x$ , il est parfaitement loisible d'écrire encore, par approximation,  $x = -h \operatorname{tg} 2 \theta$ , et de retrouver ainsi, pour les intensités d'irradiation arrivant à la surface supérieure,

la même forme d'équation  $i' = i \frac{k}{(h^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$  que pour la face postérieure,

c'est-à-dire une répartition représentée, cette fois, par la seule convexité de la courbe de la fig. 3, sans discontinuité par raccord avec la courbe concave, et sans l'étalement que donne le dédoublement des abscisses pour la réflexion totale inférieure.

La même chose, d'ailleurs, pouvait se voir, sans prendre la peine d'éliminer, au prix de la rigueur du calcul, la variable  $\theta$ , qui, répondant à une réalité physique parfaitement déterminée, montre tout aussi bien, avec la forme d'équation  $i' = ki \cos^3 2 \theta$ , la brusque chute de  $i'$  à partir de l'incidence normale jusqu'à la valeur  $\frac{\pi}{4}$ , la seule qui donne, rigoureusement parlant, l'irradiation que j'avais mal appelée tangentielle.

Nous verrons, plus tard, que c'est bien à peu près ainsi que les choses se voient dans la réalité. Et pourtant pourrait-on affirmer que ce soit bien cette réalité physique que représentent tous ces calculs ? Laissant de côté les premiers, sur lesquels nous aurons à revenir, les seconds à quoi peuvent-ils répondre, si le trait géométrique mis à la place du rayon ne rencontre pas, sur son trajet, dans la masse inerte transparente, un nouveau globule à frapper ? Et alors, ou bien ce nouveau

reusement parler, il est évident que ni l'un ni l'autre terme n'est strictement juste. Géométriquement, il n'y a de différenciation que par rapport à un certain parallèle du globule (si globule il y a), que rien n'autorise à ériger en plan fixe, dans l'épaisseur, nullement négligeable, du substratum, où plusieurs sphérules peuvent s'étager à des hauteurs différentes. Tout au plus pourrait-on, en se basant sur le mouvement différent des rayons (si rayons il y a) par rapport au plan horizontal, parler d'irradiation remontante et d'irradiation descendante : mais il se trouve que c'est en remontant du verre, que la descendante se manifeste le plus intensément et peut-être *vice versa*, comme nous allons le voir. Le mot d'irradiation latérale, à cause même de sa banalité, nous a paru mieux susceptible de se prêter à une définition restrictive, pour désigner exclusivement la portion de l'irradiation qui, théoriquement, correspond à  $\theta > \frac{\pi}{4}$ .

globule l'absorbera et l'empêchera d'atteindre le point  $x$  de la surface; mais pourquoi le premier n'en aurait-il pas fait autant? ou bien il le renverra dans une direction nouvelle quelconque, mais comment calculer celle-ci? Si l'épaisseur de la couche est de peu supérieure au diamètre des sphérules, comme les distances de celles-ci sont proportionnellement très grandes, la majeure partie de l'irradiation se perdra vers le plafond, partiellement renvoyée à l'intérieur (mais à quelle dose infinitésimale?) par la réflexion à la sortie, qui ne devient totale que pour des intensités déjà fort affaiblies. Seuls auraient des chances de devenir efficaces les rayons presque horizontaux, c'est-à-dire d'intensité moindre. Et, dans ce cas, le calcul à faire ne consisterait-il pas, soit qu'on tienne compte ou non, de l'absorption à chaque heurt, à rechercher, d'après la probabilité d'une distribution hexagonale des granules, la distance à laquelle l'ensemble des parallaxes intermédiaires produirait l'occultation complète?

Les difficultés, on le voit, ne manquent pas autour de l'hypothèse de l'irradiation-radiation: nous en verrons sortir d'autres des faits observés et c'est uniquement à titre historique et documentaire que nous avons rapporté les spéculations précédentes, sans nous attarder à les pousser à fond. Mais n'y a-t-il pas d'autres hypothèses possibles? Il en fallait une, tout au moins, pour le cas du daguerrétype, où la surface sensible n'est plus une émulsion de granules en suspension, mais une lame mince parfaitement homogène, sur laquelle ont été néanmoins constatés des faits de débordements lumineux.

**L'irradiation optique.** — A ce sujet a été faite une remarquable étude, à la fois théorique et expérimentale, publiée en 1877 par A. ANGOT (1). En mesurant à la machine Brünnér, à 0<sup>mm</sup>001 près, les images, fournies par une lunette astronomique, de deux rectangles lumineux voisins, on constate que la dimension croît non seulement avec l'intensité de la lumière ou la durée de pose et la sensibilité de la plaque, mais encore, toutes autres conditions égales, avec la restriction de l'objectif et que, de plus, pour les valeurs très petites de l'intensité, l'image peut se montrer *plus petite* que ne voudrait le calcul géométrique: tous détails qui peuvent s'expliquer très bien d'après les données de CH. ANDRÉ (2) dont les calculs, vérifiés par l'expérience, ont établi, ainsi que le montre la fig. 6, où les ordonnées représentent les éclats de l'image à partir du centre, correspondant à l'axe des  $y$ , jusqu'au delà du bord, correspondant au point 0, que, dans toute image optique, il y a, vers le bord, une chute d'éclat, très brève, mais nullement négligeable, atteignant, au bord même, la moitié de la valeur centrale, puis se continuant au dehors, en symétrie inverse, c'est-à-dire très brusquement d'abord, puis très lentement jusque vers zéro, avec une extension totale qui est en raison inverse de l'ouverture de l'instrument (3).

(1) A. ANGOT, Recherches sur la photographie, *Journ. de Phys.* (1), VI, 233-9; 1877.

(2) CH. ANDRÉ, Étude de la diffraction dans les instruments d'optique; son influence sur les observations astronomiques. *Ann. Éc. Norm.*, V, 275-354; 1876. *Journ. de Phys.* (1), V, 263-77 et 304-9; 1876.

(3) Cela semble contredit par l'exemple que cite CH. ANDRÉ (*Ann. Ec. Norm.*, V, p. 322,

La portion perceptible de cette extension sera nécessairement en rapport avec le minimum d'intensité lumineuse perceptible pour l'observateur, et, par conséquent, avec l'intensité totale de l'éclat d'où elle est issue. Aussi est-il bien connu que les diamètres de planètes mesurés pendant le jour sont toujours plus petits que de nuit, avec un même instrument ; et plus petits aussi, à égalité d'ouverture, avec une lunette qu'avec un héliomètre, qui laisse passer quatre fois moins de lumière.

Ainsi il y a, et il ne peut pas ne pas y avoir, même en dehors de toute intervention, soit de la plaque photographique, soit de l'œil, de zone d'irradiation dans les images d'objets lumineux prises à travers un objectif. Toutes les aberrations, de sphéricité, de réfrangibilité... et de mise au point, ne peuvent que la renforcer. Et comme toutes ces dernières s'atténuent par la diminution de l'ouver-

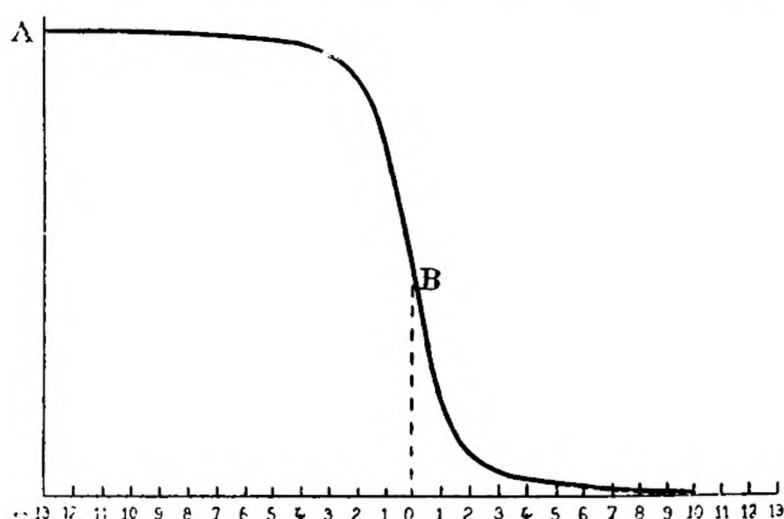


Fig. 5.

ture, il semble, par conséquent, qu'il doive y avoir une certaine ouverture *optima* pour ramener au minimum la somme totale, impossible à réduire à zéro, des erreurs commises, en plus sur la mesure du diamètre d'un objet lumineux sur fond noir (comme un astre de nuit) ou en moins sur un objet noir détaché sur fond clair, comme une planète passant sur le soleil.

Mais ce n'est certainement pas de ces divers défauts, inhérents à l'instrument, que peut dépendre cet autre fait, cité dans la savante étude de A. ANGOT, que, sur une portion de plaque préalablement voilée, l'image se montre moins grande

*Journ. de Phys.* (4), V, p. 276 ; 1876), d'une planète, fonctionnant comme corps opaque pour limiter une portion d'une source lumineuse très intense, comme le Soleil et dont le diamètre *diminuerait* à mesure que l'ouverture de l'instrument augmente ; car ce qui fait diminuer ici le diamètre de la planète, c'est l'irradiation du soleil. Mais c'est d'accord avec tout le contexte et spécialement toutes les données numériques de la page précédente, où les mesures de « diamètre intérieur (d'une lame se profilant sur la source lumineuse), correspondant évidemment au cas d'une planète mesurée sur le Soleil » se montrent *croissantes* avec l'ouverture employée, c'est-à-dire de plus en plus proches de la vérité. D'ailleurs, p. 274. il est dit explicitement que « le diamètre de Vénus ou de Mercure, mesuré pendant le passage, ... sera d'autant plus petit que l'ouverture de l'instrument sera *moindre*. »

que sur l'autre, et cela, sur collodion sec, encore plus sensiblement que sur plaque daguerrienne. Dire que « l'éclairement général a masqué une partie de l'agrandissement diffractif » est une raison bien vague et peu en rapport avec la précision de tout le reste du travail. Or il suffit de se reporter à la courbe fonctionnelle (fig. 6) en tenant compte des données circonstanciées, pour découvrir une explication directe. En effet, de ce que l'expérimentateur ne mentionne pas, en l'occurrence, la moindre apparence d'inversion de ses images, on est en droit d'induire que le *voilage*, ayant été opéré dans une cave, à la lumière artificielle, est resté dans ces limites modérées où il équivaut à augmenter chacune des ordonnées en jeu d'une valeur constante (celle du fond) qui repousse tout l'ensemble vers le haut de la courbe où la dérivée s'approche de zéro. Le dégradé de la plus grande à la plus faible (mais encore grande) valeur, est presque



Fig. 6. Schéma symbolique de la fonction photographique ou des altérations de surfaces, en fonction de la somme totalisée de leurs causes.

insensible et l'image se rapproche d'autant plus de sa dimension normale que les ordonnées extrêmes sont plus resserrées, c'est-à-dire que l'impression a été moindre.

Mais ce qui est aussi à noter, dans ces expériences où n'était prise en vue que la diffraction dioptrique, c'est l'énorme différence des mesures d'irradiation prises sur collodion : preuve certaine qu'il y a, ainsi que soutenait CH. FÉRY (1), contre A. CORNU (2), à propos de la théorie des photographies tramées, quelque chose d'autre que ce qui vient de l'instrument, et c'est ce quelque chose que nous mettrons en évidence en opérant dorénavant *sans instrument*, par impression directe, en recherchant encore dans l'emploi de pellicules ou de papiers le moyen de séparer le plus possible les deux autres modes d'irradiation que nous avons déjà distingués : l'irradiation vitreuse et l'irradiation cuticulaire, et en tablant dorénavant sur ce fait, doublement acquis, que, soit par la diffraction dioptrique, soit par l'irradiation moléculaire, quelles que soient les causes intimes de celle-ci (3), jamais on ne peut photographier deux plages fortement contrastées sans que

(1) CH. FÉRY, Sur les réseaux quadrillés employés en photogravure, *C. R. Ac. Sc.*, CXX, 720 ; 1896. Du rôle de la diffraction dans les effets obtenus avec les réseaux ou trames photographiques, *C. R. Ac. Sc.*, CXXVI, 333 ; 1899.

(2) A. CORNU, Sur l'irradiation photographique. Applications diverses. *C. R. Ac. Sc.*, CXXVI, 890 ; 1899.

(3) De nos dernières expériences (Recherches sur l'irradiation, *C. R. Ac. Sc.* CXLI, 420 ; 28 août 1905), il semble résulter que l'hypothèse de la sphérule diffusante d'Abney n'est point indispensable, et que l'irradiation latérale, pouvant s'observer sur une surface homo-



se produise, à la limite, une tierce valeur intermédiaire, absolument inobjective, purement accidentelle, ne représentant aucune réalité distincte de celles en jeu, et dont l'apparition, bien loin de surprendre ou de motiver la recherche d'explications lointaines, quand les circonstances la mettront en évidence, ne devra jamais être regardée que comme une complication normale de l'emploi de la photographie, comme l'enregistrement de quelque particularité de manipulation, à tort négligée.

**Irradiation physiologique.** — Il y aurait bien à tenir compte encore d'un dernier mode d'irradiation. La rétine étant la première et la plus sensible des surfaces photographiques, c'est sur elle qu'a été d'abord observé le phénomène, mais compliqué à la fois par les propriétés sensorielles de l'œil et par la perpétuelle rénovation automatique du pourpre rétinien. Sans doute y aurait-il tout profit à confronter aujourd'hui le problème avec celui de physique pure dont nous nous occupons. Mais ce serait élargir encore exagérément notre cadre, et nous ne pouvons entreprendre de dépouiller, pour cela, les innombrables observations d'optique physiologique qui ont suivi le mémorable travail où PLATEAU (1), peu de temps avant la découverte de Daguerre, établit les fondements de cette branche spéciale de la science de l'œil. Nous nous bornons donc à cette mention, et à l'avertissement réitéré qui en résulte, à savoir que, dans l'emploi de la photographie, ce n'est pas seulement de l'instrument enregistreur, la plaque sensible, qu'il faut se méfier, mais encore de l'instrument contrôleur l'œil lui-même.

gène, comme la lame mince du daguerréotype, ou même sur métal pur poli, comme dans le procédé de Moser, constituerait une propriété de la matière aussi générale que la sensibilité photographique elle-même et son corollaire, l'inversion.

(1) J. PLATEAU, Sur l'irradiation. *Mém. Ac. Sc. Bruxelles*, XI; 1842. — *Pogg. Ann. der Phys., Ergänzsb.*, I, 72-128, 193-232, 405-442; 1842.

---



## EXPLICATION DES PLANCHES

---

FIG. 1. — *Amphipleura pellucida*. — Monté à sec, la valve collée sur la lamelle. 1.800 diamètres. Objectif monochromatique 1,7, ouv. num. 1,25,  $\lambda = 275 \mu$ , éclairage oblique.

FIG. 2. — Id., éclairage central.

FIG. 3. — *Surinella Gemma*. — Monté à sec, valve collée sur la lamelle. 1.800 diamètres. Objectif monochromatique 1,7 mm, ouv. num. 1,25,  $\lambda = 275 \mu$ , éclairage central.

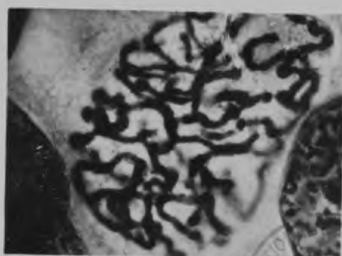
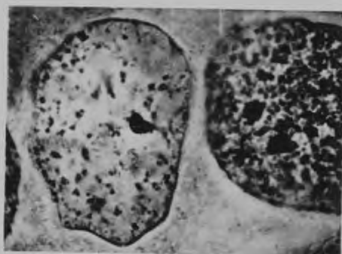
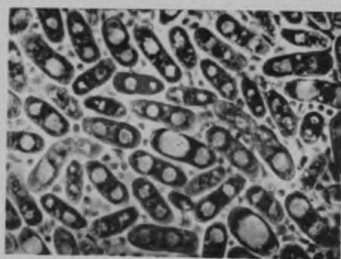
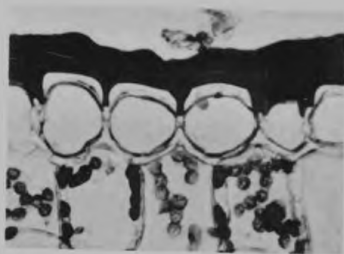
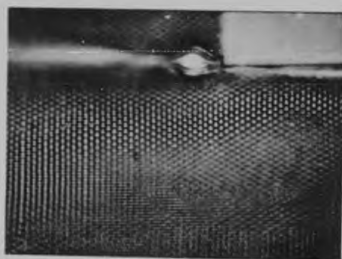
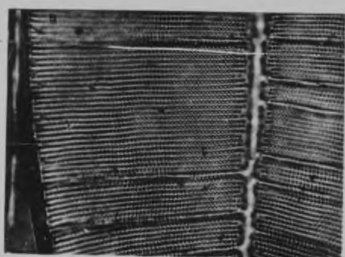
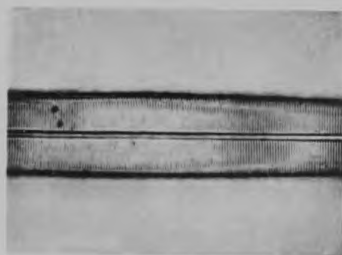
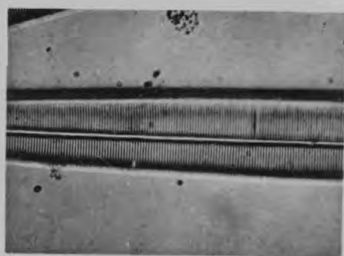
FIG. 4. — *Pleurosigma angulatum*. — Monté à sec. Objectif monochromatique 1,7 mm, ouv. num. 1,25,  $\lambda = 275 \mu$ , éclairage central. Par suite de la courbure de la valve, les images qu'on obtient ordinairement les unes à la suite des autres en changeant la mise au point, se présentent ici simultanément. Grossissement 1.800 diamètres.

FIG. 5. — *Clivia nobilis*. — Section à travers l'épiderme de la feuille. Non coloré. 360 diamètres. Objectif en quartz et spathfluor de 8 mm, ouv. num. 0,30,  $\lambda = 280 \mu$ .

FIG. 6. — Cellules de la levure, vivantes, 1.300 diamètres. Objectif monochromatique 1,7 mm, ouv. num. 1,25,  $\lambda = 275 \mu$ .

FIG. 7. — Noyaux provenant des branchies du *Salamandra maculosa*. Conservé dans l'acide chrom-acétique, non coloré. 1.300 diamètres. Objectif monochromatique 1,7 mm, ouv. num. 1,25,  $\lambda = 275 \mu$ .

FIG. 8. — Noyau provenant de la même préparation à l'état de spirème.





LES  
LIMITES THÉORIQUES ET PRATIQUES DU POUVOIR RÉSOLVANT  
ET LE  
MICROSCOPE NOUVEAU DE ZEISS  
pour l'emploi de la lumière ultra-violette

---

Depuis la construction de l'apochromat à l'immersion de mono-bromure de naphthaline, d'ouverture numérique 1,63, qui nécessitait pour la préparation un véhicule d'indice de réfraction très élevé, il n'a plus été possible d'augmenter l'ouverture numérique des objectifs de microscope. Pour dépasser la limite atteinte et accroître encore le pouvoir résolvant, il restait à procéder par une autre voie en recourant aux rayons de très courte longueur d'onde. C'est ce que viennent de faire avec un plein succès les collaborateurs scientifiques de Zeiss en réalisant, pour l'utilisation des rayons ultra-violet  $\lambda = 275 \mu\mu$ , un photo-microscope dont toute la partie optique est en quartz. L'éclairage employé est produit par des électrodes en cadmium. Cette nouvelle combinaison optique équivaut à un objectif de 2,5 d'ouverture numérique (pour la lumière du jour); elle double le pouvoir résolvant du microscope et permettra d'étendre notre connaissance de la structure intime des objets microscopiques (1).

I

**Les limites du pouvoir séparateur (2).** — Les limites du pouvoir résolvant de l'objectif de microscope découlent de la formule de Abbe-Helmholtz. Cette relation (3), déduite de la théorie générale des ondulations, est d'ailleurs conforme aussi aux résultats fournis par l'optique géométrique. Soit  $\delta$  la plus petite distance de deux éléments — points ou stries — de la structure régulière (périodique) d'un objet microscopique susceptibles encore d'être discernés et séparés, « *résolus* »

(1) Des rayons *invisibles à l'œil* viennent ainsi faire enregistrer par la plaque des détails de structure que ne permettent pas de voir les plus puissants microscopes.

(2) Voir sur ce sujet les magistrales études de Czapski : *Die voraussichtlichen Grenzen der Leistungsfähigkeit der Mikroskope* (*Zeitschrift für wissenschaftl. mikroskopie*, 1891), et *Theorie der optischen Instrumente*. Breslau, 1893, ainsi que dans van Heurck, *The Microscope*.

(3) La formule a été calculée par Helmholtz pour des objets lumineux par eux-mêmes, et par Abbe pour des objets éclairés (Helmholtz, *Poggendorff's Annalen*, Jubelband, pg. 557. Abbe, *Arch. für mikroskopische Anatomie* Aprilheft, 1874). Lord Rayleigh (*Journal of the Royal Microscop. Society*, 1903), établit la théorie générale de diffraction.

comme on dit, par l'objectif;  $\lambda$  la longueur d'onde de la lumière employée, mesurée dans le vide, pour la direction la plus oblique des rayons. On obtiendra alors par le calcul des franges de diffraction (1) :  $\delta = \frac{\lambda}{2a}$ .

$a = n \sin u$  étant l'ouverture numérique de l'objectif,  $n$  est ici l'indice de réfraction du milieu dans lequel plonge la frontale de l'objectif;  $u$  l'angle que forme, avec l'axe optique du système, le rayon extrême qui peut encore traverser l'objectif ( $2u$  mesure donc le cône des rayons utilisés pour la formation de l'image).

De la formule  $\delta = \frac{\lambda}{2a}$  il résulte, que pour accroître le pouvoir résolvant d'un objectif nous ne disposons que des deux moyens que nous examinerons successivement : a) rendre  $a$  aussi grand que possible; b) choisir  $\lambda$  très court.

a) Dans  $a = n \sin u$ , il ne sera point pratiquement possible de dépasser  $\sin u = 0,95$ . L'espace qui reste ainsi libre pour la lamelle couvre-objet entre la frontale et la lame porte-objet est alors réduit au strict minimum. Cette lamelle est d'une fabrication des plus délicates. Le verre, d'indice de réfraction très élevé (1,72 à 2,0) est d'abord fondu en plaque puis scié en lamelles extrêmement minces qu'il faut encore polir. On arrive à diminuer sensiblement la longueur d'onde, en employant un liquide d'immersion pour l'objectif et un véhicule pour la préparation. Le véhicule dans lequel est montée la préparation devra toujours avoir un indice de réfraction supérieur à celui du liquide d'immersion. Pour ce dernier on a employé le monobromure de naphthaline :  $n = 1,638$ . Si l'on a recours à l'iodure de méthyle, proposé par Van HEUREK pour l'immersion, on atteint  $n = 1,743$ , mais alors il faut employer comme véhicule une dissolution d'indice 2,4 de sulfure d'arsenic dans du bromure d'arsenic. Les véhicules de ce genre (2) sont de nature instable et très toxiques par les vapeurs qu'ils dégagent; ils abîment rapidement les préparations, attaquent le verre de la frontale et du porte-objet. Tels sont les moyens qu'il a fallu employer, malgré leurs inconvénients, pour donner toute sa puissance à l'objectif construit par Zeiss en 1889. L'objectif de cette combinaison, qui a marqué la limite de l'ouverture numérique pratiquement réalisable, est un apochromat de 1,63 d'ouverture numérique (pour l'immersion au monobromure de naphthaline). Sa frontale est en flint de 1,72; en flint aussi de même indice sont : la lamelle couvre-objet et la lame porte-objet ainsi que la frontale du condensateur de 1,60 d'ouverture numérique. Les véhicules qu'il nécessite, détériorant la structure des préparations et altérant leur coloration, ce système de 1,63 n'a pu être utilisé que pour les diatomées. Il a permis à van Heurck de résoudre par la photographie *Pamphipleura petlucida*, la plus difficile des diatomées. Pour l'observation objective sa limite extrême est :  $\delta = 0,00013$  (lumière sensible à l'œil :  $\lambda = 0^{m m}, 000420$ ).

Les ouvertures numériques les plus grandes ainsi atteintes sont cependant encore

(1) Certaines parties de la préparation microscopique laissant passer la lumière, tandis que d'autres l'arrêtent et font écran, il se produit des spectres de diffraction de Fraunhofer qu'on peut calculer (cas le plus simple : la diffraction produite par des réseaux).

(2) D'indice 2,0 et 2,4; ce dernier est l'indice le plus élevé connu.



loin de nous permettre d'embrasser la totalité des spectres de diffraction de Fraunhofer produits par les objets microscopiques. Or, tous ces spectres devraient pouvoir traverser le microscope pour venir constituer l'image qui serait alors une représentation exacte de la réalité de l'objet (1). Il serait par exemple nécessaire de disposer d'un milieu de l'indice de réfraction 5,0 à 6,0 pour être à même d'embrasser l'effet total de diffraction produit par la structure de la diatomée *Pleurosigma angulatum*, dont les éléments connus sont écartés de  $0^{\text{m} \cdot 0}$ ,0006 à  $0^{\text{m} \cdot 0}$ ,00055. Pour les structures microscopiques d'un certain ordre de dimension, nous devons nous contenter d'images typiques, formées par l'utilisation de tous les spectres de diffraction ayant encore une luminosité appréciable et pouvant pénétrer dans l'objectif. Lorsque les éléments de structure tendent à devenir comparables à la longueur d'onde de la lumière employée (ou même de moindre dimension) ce qui sera figuré cesse d'être semblable à l'objet. La figuration, ne reproduisant plus ni les formes ni les dimensions, mais seulement la disposition des éléments, est en quelque sorte schématique. Finalement, lorsque l'écartement des éléments est moindre que  $\frac{\lambda}{2}$  on a atteint, pour une structure périodique, la limite du pouvoir séparateur.

b) Il reste à examiner l'autre moyen d'accroître le pouvoir séparateur. Dans  $\frac{\lambda}{2a}$  cherchons à choisir  $\lambda$  aussi petit que possible. La lumière monochromatique bleue de la longueur d'onde 0,00044 fournit encore pour l'œil une image suffisamment nette et claire; ce simple moyen permet donc de porter l'ouverture numérique à l'équivalent de 1,75. Pour aller encore au delà, on a eu recours à la plaque photographique, qui est très sensible à cette région du spectre. Mais si l'on veut employer les rayons de très courte longueur d'onde de l'ultra-violet, on sera arrêté par l'absorption du verre et des milieux interposés (2). Il devient alors nécessaire de chercher à utiliser le quartz pour les lentilles et de prendre comme liquide d'immersion et véhicule des milieux également perméables aux rayons ultra-violets. La source éclairante devra fournir des rayons actiniques pour la plaque, en même temps qu'une lumière suffisamment intense. C'est la voie suivie par A. KÖHLER, le collaborateur scientifique de Zeiss, auquel on est redevable de ces savantes recherches. On arrive ainsi à augmenter le pouvoir résolvant au delà des limites consi-

(1) ABBE a démontré ceci: pour qu'un système de lignes soit de nouveau figuré par un système de lignes il est nécessaire qu'il puisse passer à travers le microscope; non seulement la lumière directe (non diffractée par la structure périodique), mais aussi le spectre de premier ordre (composé de deux faisceaux). C'est là la condition limite pour la résolution d'un réseau. Si aucun des spectres ne passe, on verra de la lumière directe, mais point d'image; cette expérience intéressante est facile à réaliser. Pour une similitude absolue il serait nécessaire que tous les spectres puissent traverser le système optique.

(2) L'idéal serait, il est vrai, de pouvoir procéder de façon à ce que tous les milieux interposés entre la source de lumière et la plaque photographique soient perméables aux courts rayons. On sait par les travaux de V. Schumann sur les régions invisibles à l'œil du spectre ultra-violet, quelles difficultés énormes présente la réalisation de pareils dispositifs (Voir: la partie nouvelle de l'Ultra-Violet des spectres d'émission découverte par V. Schumann. Exposé de ces travaux par A. Vianna de Lima, *Revue Générale des Sciences*, 15 mai 1894).

dérées comme pratiquement réalisables — qui étaient de 2,2 pour l'ouverture numérique et de  $0^{\text{mm}},00035$  pour la longueur d'onde — tout en n'employant qu'un objectif d'ouverture numérique de 1,25, *monochromat* nouvellement créé par Dr M. von Rohr, et comme milieu d'immersion et véhicule un mélange d'eau et de glycérine.

## II

**Le dispositif de Dr A. Köhler pour la lumière ultra-violette de  $275 \mu\mu$  construit par Zeiss (1).** — Le *microscope*. Le quartz fondu perdant la double réfraction, il fallait essayer d'utiliser cette matière pour la fabrication des lentilles d'objectifs de microscope. Grâce aux calculs de Dr A. von Rohr, il a été possible de construire avec du quartz amorphe des systèmes d'une ouverture numérique relativement considérable (1,25 à 1,30). Ces objectifs sont corrigés au point de vue de l'aberration sphérique et de la condition dite « *des sinus* » ( $n y \sin u = n' y' \sin u'$ ) pour la longueur d'onde :  $\lambda = 275 \mu\mu$ ; ils fournissent une ligne nettement isolée du spectre du cadmium. La lumière employée étant monochromatique, aucune correction de l'aberration chromatique n'est nécessaire. Les objectifs de ce genre portent le nom de « *monochromats* ». Zeiss en a construit aussi pour être employés sans liquide d'immersion (d'ouverture numérique 0,35); les systèmes à immersion sont : celui de 0,85 *o.n.* équivalent à 1,70 et celui de 1,25 qui équivaut à 2,5. Le liquide d'immersion est un mélange de glycérine pure et d'eau distillée. Les oculaires (Huygens et Ramsden) sont en cristal de roche; ils grossissent de 5 à 20 fois et servent pour l'observation subjective et la photographie. Les lames porte-objet sont en quartz taillé perpendiculairement à l'axe optique. Les lamelles couvre-objet sont en quartz fondu. Comme véhicule l'on se sert de liquides perméables aux rayons ultra-violets (glycérine pure ou avec de l'hydrate de chloral, solution physiologique de chlorure de sodium, etc.); le baume de canada, les matières résineuses ne peuvent être employées. Le condensateur, d'ouverture numérique 1,30, est à l'immersion de glycérine; ses quatre lentilles sont en cristal de roche; les deux lentilles supérieures peuvent être tour à tour enlevées ou remplacées par une frontale aplanétique; on obtient ainsi, pour le condensateur, des foyers différents et des ouvertures numériques plus ou moins grandes.

L'œil ne pouvant percevoir les rayons à courte longueur d'onde, il est nécessaire de se servir comme intermédiaire, d'un dispositif optique spécial pour l'observation subjective. C'est un « *chercheur* » imaginé par Köhler et qu'il compare à un œil artificiel hypermétrope (d'environ 3 dioptries) sensible aux rayons ultra-violets. Ses milieux réfringents sont constitués par deux lentilles en quartz; sa *réline* est une plaque en verre d'urane surmontée d'un prisme. On observe l'image fluorescente qui se forme sur cette plaque à l'aide d'une assez forte loupe (munie d'un dia-

(1) Je résume ici les principales données des mémoires originaux de A. Köhler : *Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie*, 1904, p. 129-165; p. 273-304. *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1904, 42. *Physikalische Zeitschrift*, 1904, 21. Ce dernier article a d'ailleurs servi de base à ma notice.

phragme) et qui fait corps avec le chercheur. Ce chercheur, maintenu au-dessus de l'oculaire dans une position un peu inclinée, permet d'embrasser entièrement

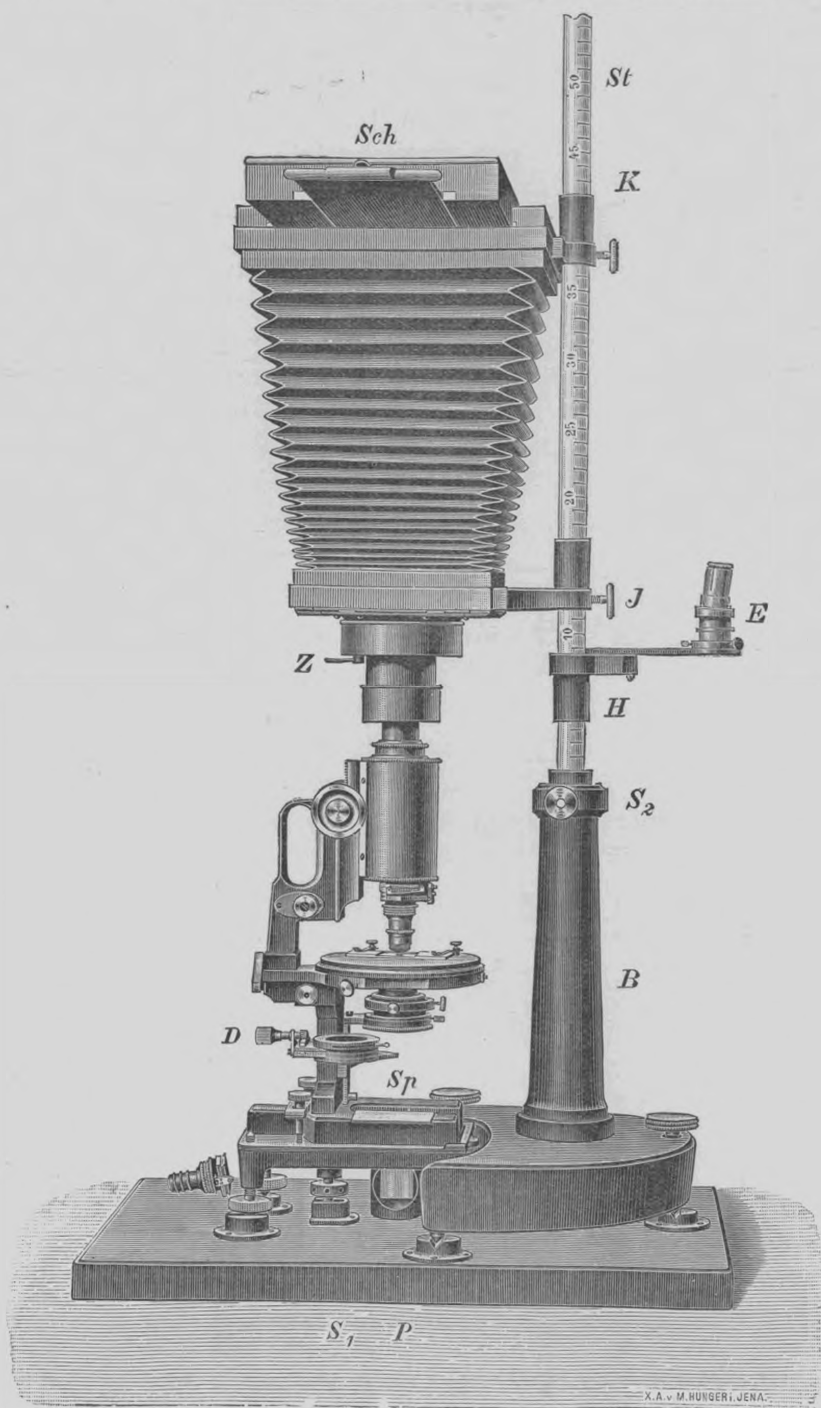


Fig. 1. — Le microscope et sa chambre noire (au 1/6). Disposition pour photographier.

l'image fluorescente. Quelques remarques sont nécessaires pour comprendre l'utilité du prisme collé sur la plaque d'urane. Sous l'action des rayons ultra-violets la

plupart des objets deviennent fluorescents. Certaines de leurs parties émettant ainsi une *lumière propre*, il en résulte pour elles une image produite en vertu des

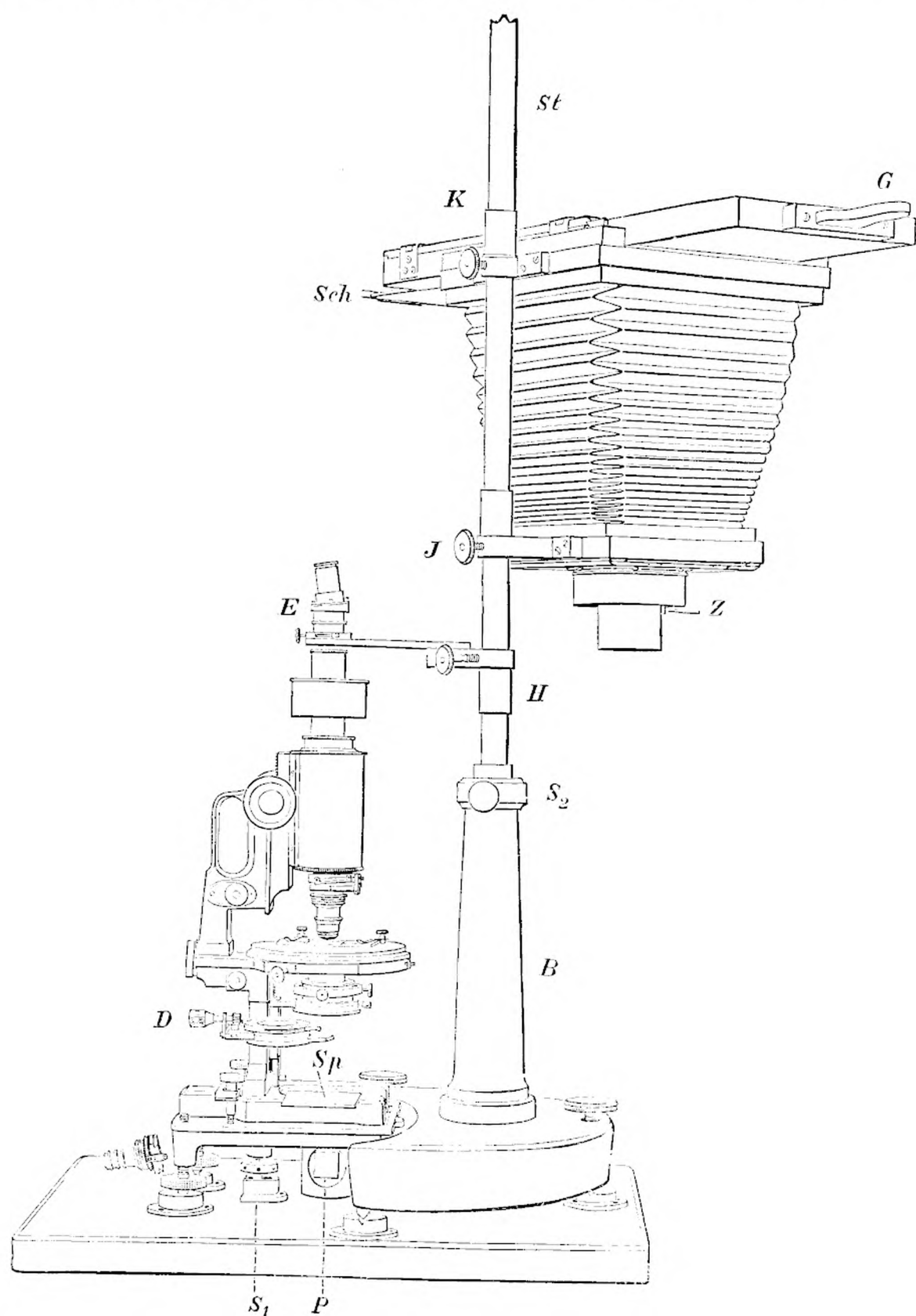


Fig. 2. — La chambre noire est ici écartée afin de permettre de faire des observations ou de mettre au point.

lois de la *figuration directe* et non de celles de la *figuration secondaire* des objets microscopiques *éclairés* étudiée par Abbe. Dans ce cas, les objets sont donc figurés deux fois. Il convient d'écarter cet effet perturbateur de la fluorescence ; c'est ce

qu'on obtient par un prisme déviant les rayons, qu'arrête finalement le diaphragme de la loupe. Cependant, pour certaines observations on peut, au contraire, utiliser exclusivement l'effet de fluorescence.

L'étude des fines structures des objets microscopiques exige, naturellement, l'emploi de la plaque photographique. Le chercheur sert alors pour la mise au point, puis il est remplacé par une chambre noire verticale munie d'une plaque à l'émulsion ordinaire. La plaque se trouvera alors parfaitement au point pour un tirage d'environ 30 cm. Les grossissements fournis par les monochromats et les oculaires quartz varient de 200 à 3600 pour des longueurs de « tirage optique » de la chambre allant de 24 cm. à 31 cm.

*L'appareil d'éclairage.* — L'éclairage employé doit être nettement monochromatique. La lumière qui répond le mieux à cette condition est celle produite par les étincelles jaillissant entre les deux électrodes en fil de cadmium (de 2<sup>mm</sup> de diamètre) d'une bouteille de Leyde de la capacité de 0,002 microfarads chargée par un inducteur capable de fournir des étincelles de 12 cm. Un spectroscope spécial imaginé par Köhler sert à isoler les rayons

(Réduction au 1/5)

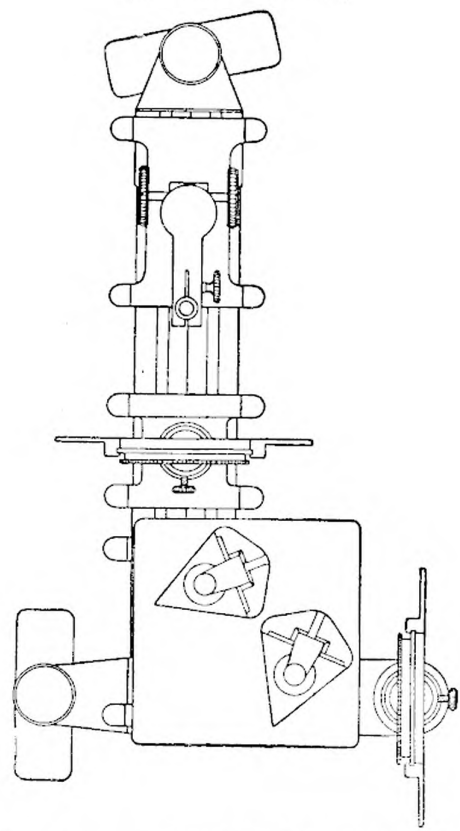


Fig. 3. — Appareil d'éclairage pour la lumière ultra-violette.

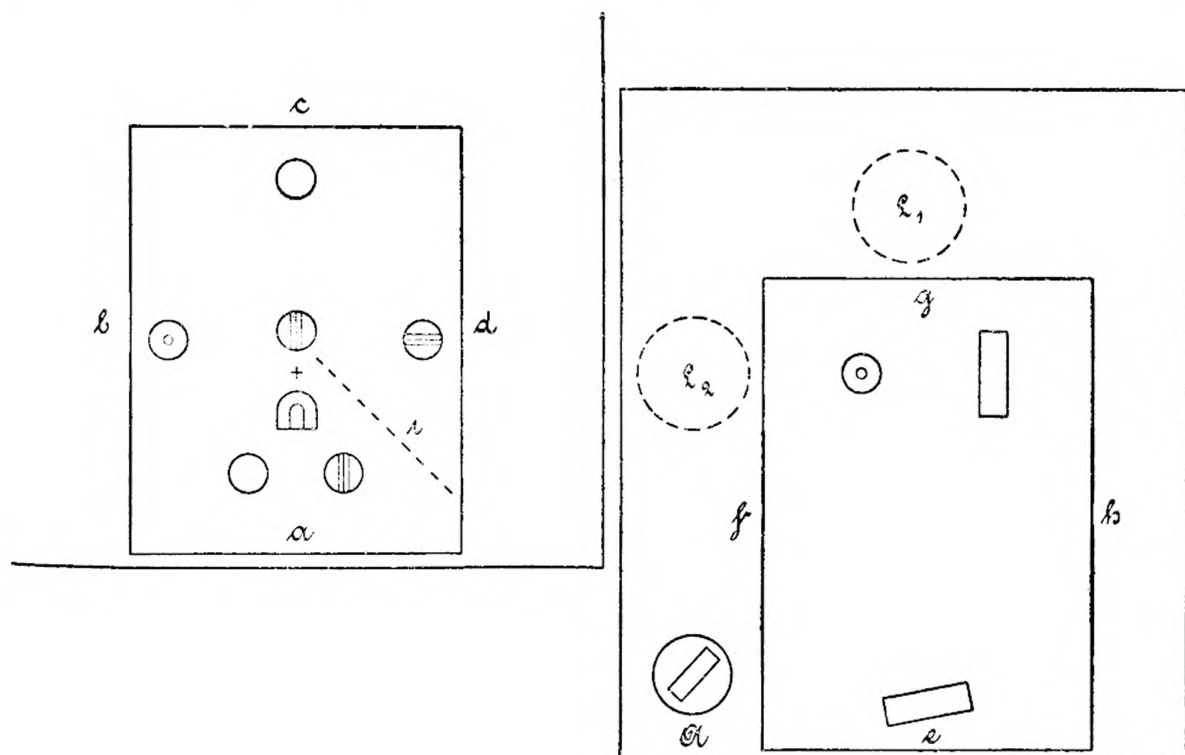


Fig. 4. — Schéma de la réduction générale de l'appareil.



utilisés :  $\lambda = 275 \mu \mu$  (n° 17 de Mascart). Il se compose d'un collimateur en quartz rendant les rayons parallèles, de deux prismes en quartz et d'un collecteur (1) formant à son foyer une image dix fois grossie des étincelles. Un prisme à réflexion totale en cristal de roche, placé sous le microscope, renvoie dans le condensateur Abbe l'image de l'étincelle formée par le collecteur. Le porte-diaphragme mobile du condensateur est muni d'un verre d'urane qui sert seulement pour la mise au point de l'image de l'étincelle projetée par le collecteur de l'appareil d'éclairage.

Le procédé nouveau d'investigation par les rayons ultra-violet de  $275 \mu \mu$  présente des avantages multiples. Tout d'abord, le pouvoir résolvant est porté au double. L'opacité de certaines parties des tissus pour les rayons ultra-violet vient fournir, de plus, un moyen optique de différenciation; il se produit, en effet, quelque chose de comparable à ce que l'on observe en employant les colorants artificiels. L'examen par les rayons de  $275 \mu \mu$  permet ainsi de compléter les résultats fournis par les méthodes ordinaires, de les contrôler ou d'en trouver de nouveaux. La lumière ultra-violette rendant fluorescentes certaines parties des tissus, qui émettent alors une lumière propre, il devient possible de se servir pour l'observation subjective d'achromats ou apochromats d'ouverture numérique moindre (systèmes secs). Finalement, la lumière ultra-violette employée produit des effets physiologiques assez énergiques qui méritent d'être étudiés par ces moyens.

A. VIANNA DE LIMA

*Docteur ès-sciences.*

---

(1) Les lentilles et les prismes sont taillés de façon à ce que l'axe optique soit parallèle à l'axe cristallographique.

# LES PROPRIÉTÉS DES SELS DE VANADIUM

au point de vue photographique

Par GEORGE E. BROWN

---

Les sels de vanadium constituent une série de composés chimiques très faciles à modifier, soit par oxydation, soit par réduction; ils offrent de ce fait un champ d'investigations assez large pour les photo-chimistes et il est très probable qu'ils trouveraient là matière à plus d'un procédé intéressant.

Parmi les produits commerciaux contenant le vanadium, le plus commun est le méta-vanadate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ . C'est un sel cristallin, soluble dans l'eau et insoluble dans une solution concentrée de chlorure d'ammonium. Avec la teinture de galle il forme un composé d'un noir intense; assez analogue au composé de cette même teinture et un sel de fer, mais cette réaction du méta-vanadate d'ammonium n'offre guère d'intérêt, car le noir ainsi formé n'est pas suffisamment permanent: BERZÉLIUS s'en servait comme d'encre à écrire: les manuscrits tracés à l'aide de ce composé se sont effacés.

Le méta-vanadate d'ammoniaque a cependant été employé dans le procédé à l'aniline de W. WILLIS, l'inventeur de la platinotypie. Dans ce procédé, on fait une épreuve sur papier bichromaté et l'image légère ainsi formée est développée à la vapeur d'aniline: le bichromate non réduit transforme la vapeur d'aniline en noir d'aniline. Un sel dérivé de l'acide vanadique facilite beaucoup cette réaction ou oxydation de l'aniline et on ajoute généralement, au bain de sensibilisation une certaine quantité de méta-vanadate d'ammonium (ENDEMANN, *Journal of the American chemical Society*, 1886, p. 189). Ce procédé donne un positif sous un positif et il fut, pendant un certain temps, très employé pour les reproductions de plans.

Le vanadate d'ammonium contient le vanadium à son plus haut degré d'oxydation. Mais il y a quatre séries de composés dans lesquels l'élément de vanadium est combiné avec moins d'oxygène, et ces quatre séries de composés peuvent être obtenus avec la plus grande facilité au moyen d'agents réducteurs. Si l'on prend une solution de vanadate d'ammonium, acidulée à l'aide de quelques gouttes d'acide sulfurique, chlorhydrique ou avec un acide moins violent que ceux de la série minérale, tel que l'acide oxalique ou l'acide citrique, et si l'on ajoute à cette solution acide de la limaille de zinc, il se dégage de l'hydrogène au contact du composé vanadique, en même temps qu'une certaine quantité d'oxygène est mise en liberté. Cette réaction se traduit par un changement de couleur du liquide, qui passe du jaune au vert, bleu-vert, bleu, bleu-violet et finalement prend une teinte lavande ou violet.

Dans le vanadate d'ammoniaque le degré d'oxydation du vanadium est représenté par la formule  $V_2O_5$ , ou en décomposant  $(NH_4)_2OV_2O_3$ .

Le premier degré de réduction s'arrête au  $V_2O_4$ , composé qui, à l'instar du  $V_2O_3$  peut agir et comme acide et comme base, en formant soit des sels, par dissolution dans les acides, soit des vanadates ou hypovanadates, en combinaison avec des bases.

Ainsi :

	AVEC LES ACIDES	AVEC LES ALCALIS
$V_2O_5$	Sels vanadiques, — <i>e g.</i> Sulfate de vanadium.	Vanadates, — <i>e g.</i> méta-vanadate d'ammonium ; $NH_4VO_3$ .
$V_2O_4$	Sels hypo-vanadiques, — <i>e g.</i> chlorure hypo-vanadique $V_2Cl_4O_2, 3H_2O$ , chlorure de vanadium du commerce.	Hypo-vanadates, — <i>e g.</i> hypo-vanadate d'ammonium ; $(NH_4)_2V_4O_9$ .

Supposons que nous voulions arrêter la réduction à ce point, nous devrions employer, au lieu de zinc métallique, de l'acide sulfureux. Toutefois le zinc peut nous mener au degré suivant avec le vanadium sous forme de  $V_2O_3$ , puis notre solution passera à la couleur lavande avec le métal réduit à  $V_2O_2$ .

	AVEC LES ACIDES	AVEC LES ALCALIS
$V_2O_3$	Sels vanadiques dont le $V_2O_3$ & $SO_3$ seul est connu.	Ne forme pas de composé.
$V_2O_2$	Sels hypo-vanadiques dont aucun n'est bien connu.	Ne forme pas de composé.

Pour arrêter la réduction au  $V_2O_3$  nous employons le magnésium métallique, au lieu de zinc. Ce dernier métal peut nous mener jusqu'au dernier degré de la réaction, il existe néanmoins un autre oxyde, le  $V_2O_3$  que nous ne pouvons obtenir par la méthode au zinc. Ce composé n'offre du reste aucun intérêt au point de vue photographique et de plus rien n'est moins certain que son existence.

Nous avons vu que les sels vanadiques et hypo-vanadiques sont produits par élimination d'oxygène : nous pouvons de là préjuger de leurs applications photographiques : ce sont en effet des agents réducteurs, susceptibles de créer eux-mêmes des agents ayant un pouvoir réducteur plus considérable encore.

LIESEGANG (*Photographische Archiv*, 1895, p. 282) réduisait une solution de méta-vanadate d'ammoniaque acidulée avec l'acide oxalique, par le zinc métallique et l'utilisait pour le développement des plaques au chloro-bromure. Les portions non impressionnées demeuraient transparentes tandis que les autres présentaient un dépôt noir intense, ne perdant rien de sa vigueur dans le bain de fixage à l'hypo-

sulfite. Une solution de méta-vanadate, acidulée à l'acide chlorhydrique et réduite de la même façon possédait des propriétés révélatrices encore plus énergiques, mais l'image faiblissait fortement dans le bain d'hyposulfite. Il y a donc là tout un champ de recherches sur les applications des composés vanadiques.

La lumière agit généralement comme agent réducteur et ceci nous conduit à examiner les applications dont sont susceptibles les composés de vanadium les plus riches en oxygène, pour l'obtention d'images par les procédés d'impression photographiques. MM. Auguste et Louis LUMIÈRE ont déjà décrit un procédé de photocopie par les sels de vanadium (*Eders Jahrbuch.*, 1893, p. 63).

Un papier enduit d'une couche de gélatine est sensibilisé dans un bain de chlorure de vanadium dissous dans un mélange d'eau et d'alcool, puis impressionné, au châssis-presse, on obtient ainsi une image très faible, positive si l'impression a été faite sous un positif. Pour augmenter l'intensité de l'image, on la traite par une solution de paramidophénol, on lave et on fait disparaître, s'il y a lieu, les dernières traces jaunes dans les grandes lumières, en plongeant l'épreuve dans une solution faible d'acide chlorhydrique, après quoi on lave à nouveau pour éliminer toute trace d'acide.

MM. LUMIÈRE ont trouvé que le tartrate de vanadium et de potassium donnait les meilleurs résultats : ils préparaient ce sel par dissolution du pentoxyde de vanadium ( $V_2O_5$ ) dans le tartrate acide de potassium.

Comme nous l'avons dit plus haut le chlorure de vanadium que l'on trouve dans le commerce (fabriqué par la maison Merck) est un sel hypo-vanadique  $V_2Cl_4O_2 \cdot 5H_2O$ . On peut le préparer en employant le vanadate d'ammonium, qui revient meilleur marché et que l'on chauffe dans une coupelle en porcelaine, il se transforme en pentoxyde de vanadium  $V_2O_5$ ; on mouille avec un peu d'acide nitrique, et on chauffe doucement jusqu'à évaporation complète, après quoi on redissout dans l'acide chlorhydrique concentré. Le chlore est mis en liberté et en évaporant cette dissolution on obtient un résidu brun amorphe de  $V_2O_2Cl_4 \cdot 5H_2O$  qui se dissout dans l'eau en donnant un liquide d'une belle couleur bleue ou brune, s'il y a un excès d'acide chlorhydrique.

L'acide vanadique (ATTERBERG, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1875) est réduit par le ferrocyanure de potassium; ATTERBERG n'a pas essayé de préparer le ferrocyanure de vanadium; mais en réduisant le vanadium à l'état de  $V_2O_3$  au moyen d'acide sulfureux, il est arrivé à préparer le ferrocyanure hypo-vanadique  $K_6VO_4Fe(CN)_6 \cdot 6OH_2O$  sous forme de précipité verdâtre qui se forme quand le ferrocyanure est ajouté en excès. En employant un excès de sel de vanadium, il obtint un précipité pulvérulent vert-jaune auquel il attribua la formule  $(VO)_2Fe(CN)_6 \cdot 11H_2O$ .

Si les observations d'ATTERBERG sont exactes, les couleurs qu'il cite sont intéressantes à noter, car le P<sup>r</sup> NAMIAS dit que le ferrocyanure de vanadium est jaune, et il attribue la teinte verte qu'il donne au virage à une combinaison de ce jaune avec le bleu du ferrocyanure de fer.

## SOCIÉTÉS SAVANTES

---

### *Photographie en couleurs du spectre négatives par transmission.*

On sait que l'on obtient la reproduction photographique des couleurs en employant une couche sensible de nature quelconque, pourvu qu'elle soit transparente, et adossée, pendant la pose, à un miroir de mercure. Les couleurs du modèle sont visibles par réflexion après développement de la plaque.

La nature de la couche sensible est d'ailleurs indifférente : on obtient des couleurs soit avec des couches de gélatino-bromure d'argent, soit avec des couches de gélatine ou d'albumine, ou de cellulose bichromatée (1).

Quand la couche sensible est formée d'une pellicule bichromatée, on la fixe par un simple lavage à l'eau : les couleurs apparaissent en même temps, visibles tant que la couche est humide. Elles disparaissent par dessiccation et reparaissent chaque fois que l'on rend de l'humidité à la plaque (2).

Ce phénomène tient sans doute à l'action exercée par la lumière sur les propriétés hygrométriques de la pellicule. La substance bichromatée devient moins gonflable par l'eau, partout où l'action lumineuse a été plus forte, c'est-à-dire dans les maxima d'interférence. L'humidité rend la plaque hétérogène au point de vue physique et optique en se répartissant dans sa masse suivant une loi périodique.

Je me suis demandé si l'on ne pourrait pas remplacer, dans cette expérience, l'eau, qui s'évapore, par une matière solide et fixe.

J'ai imbibé la plaque, non plus d'eau pure, mais d'une dissolution aqueuse d'iodure de potassium ; après séchage les couleurs subsistent encore, mais faiblement visibles ; l'iodure de potassium est donc demeuré dans la plaque en se partageant inégalement entre les maxima et minima d'interférence.

Vient-on à verser sur les couches ainsi chargées d'iodure de potassium à l'état sec une dissolution de nitrate d'argent à 20 pour 100, les couleurs deviennent extrêmement brillantes : on peut ensuite laver la plaque et la faire sécher ; les couleurs subsistent après séchage avec tout leur éclat.

Il s'est sans doute formé de l'iodure d'argent qui demeure inégalement réparti dans l'épaisseur de la pellicule. Mais celle-ci demeure transparente et l'iodure est dissimulé à l'état de solution dans la couche solide ; il n'en produit pas moins un renforcement des couleurs, qui subsiste après le séchage.

(1) Pour opérer sur cellulose, on fait dissoudre cette substance dans la liqueur de Schweitzer, on coule sur verre. Après que la couche a fait prise, on la décolore par un lavage à l'acide chlorhydrique étendu ; puis on l'imbibé de bichromate de potasse à 3 ou 4 pour 100, et on la fait sécher. La couche sèche est exposée dans le châssis à mercure, jusqu'à ce que la trace de l'image soit visible en brun. Il ne reste plus qu'à laver la plaque à l'eau pure pour enlever le bichromate : les couleurs apparaissent en même temps.

(2) Dans le cas de la gélatine, qui se gonfle fortement, il ne faut pas remouiller complètement la plaque, mais l'humecter avec l'haleine, ou mieux la passer à l'alcool.



En outre, on constate sur ces épreuves, ce que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, que les couleurs vues par transparence sont changées en leurs complémentaires, et que les négatifs ainsi obtenus sont brillants. Si l'on arrivait quelque jour à obtenir le même résultat en partant, non plus de couches bichromatées, qui sont peu sensibles et peu isochromatiques, mais de pellicules au gélatino-bromure, on pourrait multiplier les épreuves en couleurs par tirage au châssis-presse, comme dans le cas de la photographie ordinaire.

(Communication de M. G. LIPPMANN à la séance du 5 juin 1905  
de l'Académie des Sciences.)

***A propos des photographies en couleurs des spectres négatives par transmission, présentées par M. Lippmann.***

A la suite de la présentation de M. Lippmann, M. COTTON projette les couleurs, par transmission d'une photochromie interférentielle du spectre faite sur plaque au bromure d'argent, traitée par le chlorure mercurique, que M. Izarn lui avait donnée en 1894. Cette photochromie a conservé, depuis cette époque, à la fois ses très belles couleurs par réflexion et des teintes par transmission, moins brillantes que celles que M. Lippmann obtient par son procédé à la gélatine bichromatée et iodurée, mais bien visibles cependant. M. COTTON indique, à ce sujet, que lorsqu'on regarde à travers un analyseur, une telle épreuve placée obliquement, les couleurs s'avivent lorsque l'analyseur est orienté de façon à favoriser les rayons subissant des réflexions successives dans l'intérieur de la pellicule. L'emploi d'un analyseur a permis de voir les teintes par transmission prévues par la théorie de M. Lippmann, dans des épreuves où on ne les apercevait pas autrement.

(COTTON, *Société française de physique*, séance du 16 juin 1905.)

---

## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

### *La photographie interférentielle des couleurs.*

M. E. Rorné fait une étude complète de la photochromie interférentielle. Si quand on observe l'épreuve obtenue par de la lumière blanche, par la face verre, les strates du rouge ne renvoient que du rouge, les strates du violet ne renvoient que du violet, etc., les phénomènes sont plus compliqués si on regarde par la face gélatine, surface qui a servi de surface de séparation : il faut en effet tenir compte des perturbations superficielles. L'auteur distingue trois cas, suivant la nature du milieu formant le miroir réfléchissant :

1° *Réflexion sur un milieu transparent plus réfringent que la gélatine.* — Tout se passe comme si la réflexion introduisait une différence de marche de  $\frac{\lambda}{2}$  ; le premier plan d'argent réduit sera à une distance  $\frac{\lambda}{4}$  de la surface de séparation, les autres étant à des distances  $\frac{\lambda}{2}$  de celui-là. M. Rorné a essayé, sans espoir d'ailleurs, d'obtenir des couleurs en exposant une plaque de gélatine transparente sur verre, la gélatine tournée vers l'objectif. Les indices de la gélatine et du verre sont si voisins qu'il n'y a pour ainsi dire pas de réflexion, par suite pas de couleurs.

2° *Réflexion sur un miroir métallique.* — Le faisceau réfléchi étant très intense, il se forme un très grand nombre de strates d'argent, d'où l'éclat et la beauté des teintes obtenues. Si on photographie des objets éclairés par la lumière diffuse, le nombre des strates est bien moindre et c'est du côté gélatiné que l'on aperçoit surtout les couleurs ; mais, en ce cas, elles ne sont pas identiques à celles de l'objet. La réflexion introduit une différence de marche inconnue, mais probablement voisine de  $\frac{\lambda}{2}$ . Il en résulte que la première lame d'argent est à une distance de la surface inconnue, probablement voisine de  $\frac{\lambda}{4}$ , peut-être un peu plus grande. Cette première lame réfléchit une radiation dont la longueur d'onde est très différente de celle de la lumière incidente, à peu près moitié. La couleur observée n'est que la résultante de cette radiation parasite réfléchie par la première lame et de la radiation de longueur d'onde  $\lambda$  réfléchie par les lames intérieures. Cette lumière parasite est loin d'être négligeable, provenant des lames d'argent voisines de la surface, la première surtout, qui sont très réfléchissantes. Ainsi, la photochromie d'un spectre observée du côté gélatiné offre les teintes suivantes : bleu foncé, carmin, vert gris au lieu de rouge orangé, vert... violet. Comme dans les photochromies d'objets quelconques c'est seulement du côté gélatiné qu'on peut observer les couleurs, il est indispensable d'éliminer l'effet de la première lame ; c'est ce qu'on fait par le montage sous prisme d'angle très aigu.

Il arrive souvent qu'une photochromie interférentielle ne présente pas rigoureusement les couleurs du modèle ; souvent aussi elle change de teinte quand on la lave

sous un jet d'eau et quand on en frotte légèrement la surface avec de la ouate ; l'effet de surface est donc prépondérant. Il est difficile, dans l'emploi des châssis à mercure, d'éliminer toute trace d'air entre la gélatine et le mercure ; M. Romé a été conduit à penser qu'il se produit une double réflexion sur la surface gélatine-air et sur la surface air-mercure, expliquant les changements rapides de teintes produits par la moindre modification de la surface : il y a dans la gélatine des strates d'argent enchevêtrés appartenant aux deux systèmes interférentiels et pouvant donner par leur combinaison toutes sortes de couleurs. S'il en est ainsi on doit pouvoir obtenir des photochromies interférentielles en exposant simplement aux rayons lumineux une plaque sensible transparente, la lumière entrant par le verre et se réfléchissant à la surface gélatine-air. C'est ainsi que l'auteur a été amené à réaliser le troisième cas.

3° *Réflexion sur un milieu moins réfringent que la gélatine.* — Il n'y a pas de différence de marche ; les elongations s'ajoutent donc au voisinage de la surface. Il est donc probable qu'à la surface même de la gélatine se trouve un plan d'argent ; le second est à une distance  $\frac{\lambda}{2}$  de celui-ci et, par suite, la première lame mince a bien

l'épaisseur convenable  $\frac{\lambda}{2}$ . Après développement, les couleurs regardées par la face gélatine doivent donc être correctes et, en effet, on n'aperçoit ni le bleu, ni le carmin des spectres obtenus avec miroir de mercure. Pourtant les teintes sont toujours lavées de blanc, à cause de la réflexion de la lumière sur la gélatine ; aussi est-il bon de coller un prisme sur la surface, à l'aide de baume du Canada (1).

(E. ROMÉ, *Bulletin de la Société dauphinoise des amateurs photographes*, n° 33, 1905, p. 7.)

### **Emploi des cobaltamines pour l'affaiblissement des images photographiques.** — H. T. SMITH.

Les sels essayés dans ces expériences contiennent tous du cobalt, le radical  $AzO^2$  et du potassium, sodium, ammonium ou d'autres métaux, avec ou sans autres radicaux acides ; ils sont employés en solution aqueuse acidulée, le plus souvent par l'acide sulfurique et ils ont une action sélective analogue à celle du persulfate d'ammonium, c'est-à-dire attaquent plus énergiquement les noirs que les demi-teintes.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les sels des bases ammoniaco-cobaltiques (cobaltamines) ou de sels doubles de ces bases. Le sel d'Erdman :  $Co^2 (AzH^3)^4 (AzO^2)^8 K^2$  en solution à 0 gr. 59 pour 100, additionnée d'un volume égal d'eau acidulée à 15 0/0 d'acide sulfurique, est l'un des composés les plus avantageux. Après affaiblissement suffisant, on lave à l'eau, on plonge 3 minutes dans un bain d'ammoniaque à 10 0/0, on lave à l'eau de nouveau et fait sécher. L'action, très lente, peut aisément être surveillée.

Les composés ci-après agissent aussi de façon sélective, à un degré plus ou moins prononcé :

Tous les nitrites diamino-cobaltiques de formule générale  $Co^2 (AzH^3)^4 (AzO^2)^8 M^2$  où M représente un atome d'un métal monovalent ;

Le chlorure crocéo-cobaltique :  $Co^2 Cl^2 (AzO^2)^2 (AzH^3)^8$ .

(1) Nous avons décrit le mode opératoire dans la *Revue des Sciences photographiques*, n° 8, page 250, 1904.

Le chlorure xantho-cobaltique :  $\text{Co}^2\text{Cl}^4 (\text{AzO}^2)^2 (\text{AzH}^3)^{10}$ .

Le chlorure flavo-cobaltique :  $\text{Co}^2\text{Cl}^2 (\text{AzO}^2)^4 (\text{AzH}^3)^{10}$ .

Le trinite tri-potassico-cobaltique :  $\text{Co}^2 (\text{AzO}^2)^6 6 \text{AzO}^2 \text{K}$ .

Le nitrite disodico-cobaltique :  $\text{Co}^2 (\text{AzO}^2)^6 4 \text{AzO}^2 \text{Na}$ .

Le nitrite trisodico-cobaltique :  $\text{Co}^2 (\text{AzO}^2)^6 6 \text{AzO}^2 \text{Na}$ .

Le nitrite di-ammoniac-cobaltique :  $\text{Co}^2 (\text{AzO}^2)^6 4 \text{AzO}^2 (\text{AzH}^4)$ .

Le nitrite tri-ammoniac-cobaltique :  $\text{Co}^2 (\text{AzO}^2)^6 6 \text{AzO}^2 (\text{AzH}^4)$ .

(*Photographic Journal*, mai 1903, p. 183.)

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

**Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik** für das Jahr 1903, par le Docteur J. M. EDER. W. Knapp, éditeur, à Halle. a S.

Cette revue annuelle des progrès de la photographie théorique et appliquée paraît pour la 49<sup>e</sup> année sous la direction du D<sup>r</sup> EDER, avec la collaboration de MM. Abegg, von Hubl, A. et L. Lumière, Luppo-Cramer, Martin, Namias, Reiss, K. Schaum, Seyewetz, Valenta, etc.

*Le Directeur-Gérant* : CHARLES MENDEL.







A. CALLIER.

ECRAN ULTRA-VIOLET



A. CALLIER

PINACHROMPLATTE. ECRAN PICRATE 1 : 1000°.





Robert Van CAUWENBERGHE.

PLAQUE PERORTO SANS ÉCRAN



Robert Van CAUWENBERGHE.

PLAQUE PERORTO AVEC ÉCRAN DE TARTRAZINE 1 : 50000<sup>e</sup>  
absorbant insuffisamment les rayons ultra-violets et violets.





# ÉCRANS COLORÉS

Par A. CALLIER (1)

(Extrait du « Bulletin de l'Association belge de photographie », avril 1905)

## I. — INTRODUCTION

Si les plaques orthochromatiques de bonne qualité donnent des résultats très supérieurs à ceux des plaques ordinaires, il est bien des cas, cependant, même sans parler de microphotographie, ou de photographie trichrome, où l'emploi d'écrans colorés est indispensable.

Comment les écrans colorés agissent-ils sur la plaque?

On sait que, pendant la période d'exposition correcte, et dans les régions spectrales pour lesquelles la plaque est sensibilisée, le noircissement croît *environ* proportionnellement au logarithme de la lumination reçue (2). Si l'on appelle  $L$  le logarithme de la lumination et  $N$  le noircissement, on a *sensiblement* la relation,

$$N = K L$$

$K$  est un facteur croissant avec la durée du développement et variant dans la pratique de 1 à 2, soit environ 1,5 en moyenne (3).

Supposons qu'il s'agisse du cliché d'un spectre :

Si nous désirons diminuer  $N$  dans une région donnée d'une certaine quantité,  $K$  par exemple, il faudra diminuer de  $e$  le logarithme de la lumination. C'est précisément ce qui arrivera si nous interposons un écran dont le coefficient

(1) Le travail qui suit est le complément de l'étude sur les plaques orthochromatiques. Entre temps, M. MONPILLARD publiait, dans le *Bulletin de la Société française de photographie*, d'intéressantes recherches sur les écrans jaunes, faites dans le même sens. Les pages suivantes sont une nouvelle contribution à l'étude de la question avec des renseignements théoriques et pratiques.

(2) Rappelons que le noircissement est le logarithme du rapport  $\frac{i}{i'}$ , dans lequel  $i$  représente la lumière pénétrante et  $i'$  la lumière sortante.

La lumination est le produit  $i.t$  de l'intensité lumineuse par le temps d'exposition.

(3) La durée du développement est déterminée en principe par la gradation que l'on veut obtenir. Celle-ci dépend elle-même, et de la gamme des lumières du sujet, et de la gradation propre du papier sur lequel on veut imprimer le cliché.



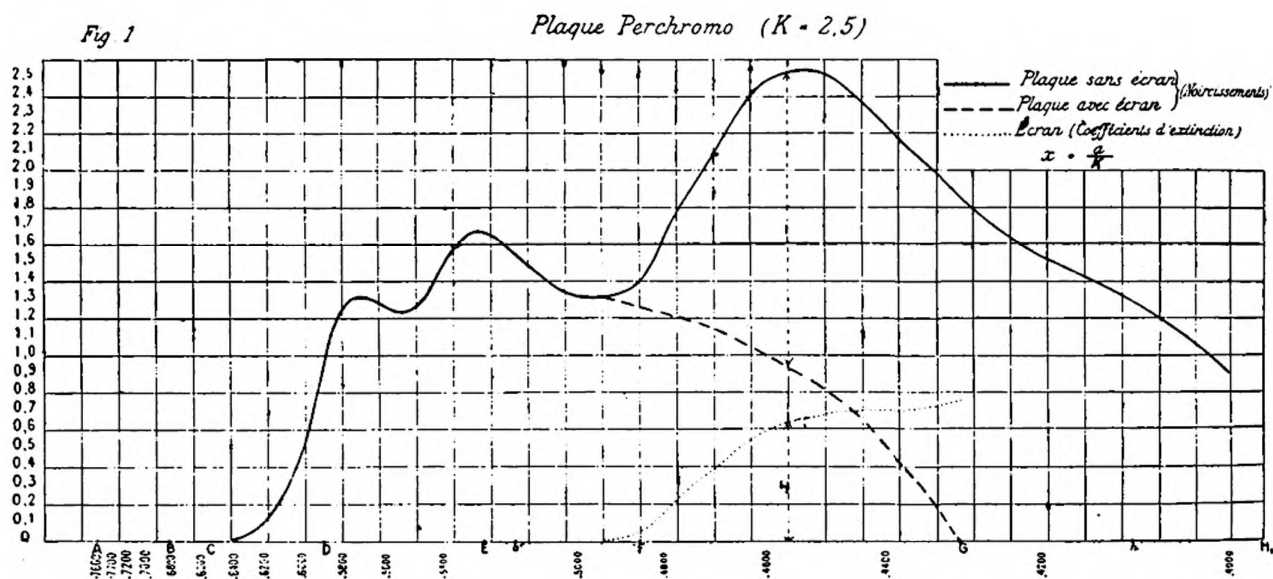
d'extinction pour la région en question soit  $e$ , puisqu'on définit en physique le coefficient d'extinction par l'équation :

$$\frac{i}{i'} = 10^e \quad \text{ou bien :} \quad \log i - \log i' = e.$$

$i$  représente la lumière pénétrante, et  $i'$  la lumière sortante (1).

La remarque qu'on vient de lire permet d'abrégér sensiblement les études spectrographiques, soit en prévoyant les résultats qu'on obtient par l'emploi d'un écran donné, soit dans la recherche d'écrans devant fournir des résultats déterminés (2).

D'après cette théorie, si l'on veut modifier la courbe des noircissements de la plaque Perchromo, par exemple, de façon à l'abaisser vers le violet suivant une courbe donnée, il faut interposer un écran dont les coefficients d'extinction aient en chaque région du spectre des valeurs égales à la différence des ordonnées des courbes proposées, divisée par  $K$  (3). Voir fig. 1.



L'expérience suivante a été faite afin de voir si les résultats fournis en pratique diffèrent sensiblement des données théoriques.

(1) EDER, *System der Sensitometrie*.

(2) La théorie qu'on vient de lire fournit une nouvelle méthode pour la détermination des coefficients d'extinction, qui peut rendre des services lorsqu'il s'agit de faire des mesures d'absorption dans la région ultra-violette du spectre.

M. Ejnar HERTZSPRUNG vient de publier dans la *Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie* une autre méthode spectrophotométrique simple et intéressante qui conduirait probablement à des résultats très analogues. M. HERTZSPRUNG détermine les sensibilités relatives de la plaque dans les diverses régions spectrales, par la comparaison de spectres ayant reçu des expositions croissant en progression logarithmique.

(3) On détermine  $K$  en exposant une plaque dans le sensitomètre Scheiner, et en mesurant les noircissements obtenus au moyen du photomètre à polarisation de Martens.  $N$  et  $L$  étant alors connus, on peut aisément déterminer  $K$ .

Les valeurs de  $K$  sont approximativement les mêmes dans les diverses régions spectrales pour les bonnes plaques orthochromatiques.



Une plaque a été exposée dans un spectrographe composé d'un spectroscopie de comparaison à vision directe (de la maison Heele, de Berlin), monté sur une longue chambre noire rigide, et fournissant des spectres d'une quinzaine de centimètres de C à H.

L'une des moitiés de la fente du spectroscopie était éclairée par la lumière traversant une cuve contenant de l'eau distillée; l'autre moitié de la fente recevait la lumière traversant une solution colorée dont les coefficients d'extinction avaient été mesurés.

Les spectres ont été développés en même temps qu'une plaque exposée dans le sensitomètre Scheiner. Les opacités ont été mesurées au moyen du photomètre de Martens, et le coefficient K a été calculé comme il a été dit plus haut. Quelques résultats pris au hasard sont résumés dans le tableau suivant.

$\lambda$	NOIRCISSEMENTS du spectre de la cuve à eau.	NOIRCISSEMENTS du spectre de la solution colorée.	NOIRCISSEMENTS calculés du spectre de la solution colorée.	DIFFÉRENCES
4160	2,33	0,86	0,79	— 0,07
4240	2,52	1,00	0,85	— 0,15
4380	2,80	1,00	1,30	+ 0,30
4630	3,26	2,34	2,11	— 0,23

Comme on le voit, les résultats sont très satisfaisants, et les différences entre la théorie et la pratique sont faibles, si l'on envisage tous les facteurs d'inexactitudes qui peuvent s'introduire (sans compter les erreurs de mesures) :

- Variations de K suivant la longueur d'onde ;
- Variations de K suivant l'exposition ;
- Variations d'épaisseurs de la couche de gélatino-bromure entraînant des différences d'opacités pour les deux spectres.

Il ressort clairement de ce qui a été dit que :

1° La courbe obtenue avec un écran est fonction de la courbe qu'on obtiendrait sans écran. Cette dernière courbe elle-même dépend en principe de l'émulsion sensible ainsi que de l'exposition reçue (1).

Il semblerait d'après cela qu'il fallût une infinité d'écrans.

Il n'en est pas ainsi en pratique.

D'abord la plupart des plaques orthochromatiques peuvent être ramenées à quelques types, dont les deux plus importants sont :

(1) M. MONPILLARD, dans son travail sur les écrans colorés (*Bull. de la Soc. fr. de Phot.*, 1904), semble croire à l'invariabilité de l'action sélective d'un écran donné. Cette erreur provient de ce que M. MONPILLARD a employé comme écrans des solutions concentrées de couleurs d'aniline, ayant des courbes de coefficients d'extinction montant brusquement.

L'opinion de M. MONPILLARD est d'ailleurs en contradiction avec les données fournies par EDER dans les *Spectralanalytische Studien über Dreifarbendruck*.

a) Les plaques sensibilisées à l'érythrosine, éosinate d'argent... (plaques Color, Schattera, Perorto cachet vert, Silbereosin...);

b) Les plaques sensibilisées au rouge éthyle, orthochrome T et pinachrome (perchromoplatte, pinachromoplatte).

Les diverses plaques du même type, lorsqu'elles sont de bonne qualité comme celles dont il vient d'être question, ont des courbes assez analogues pour que les écrans déterminés pour l'une conviennent aux autres plaques du même type.

Pour ce qui concerne les variations introduites dans la courbe par les changements d'exposition, il n'est guère possible d'en tenir compte. Il faut choisir parmi toutes les expositions possibles une exposition considérée comme normale.

Je supposerai dans tout ce qui suit que le noircissement maximum atteint 1,7, la valeur de  $K$  étant égale à 1, ce qui correspond à un bon cliché largement exposé (1):

2° L'exposition pourra être d'autant plus courte que la plaque sera plus sensible, *en valeur absolue*, aux rayons que l'écran laisse passer; et le coefficient par lequel il faudra multiplier l'exposition sera d'autant plus faible que la sensibilité de la plaque aux rayons utiles sera plus forte par rapport à la sensibilité aux rayons supprimés (2);

3° Un écran permettra des expositions d'autant plus courtes qu'il sera plus transparent aux radiations que l'on désire conserver.

## II. — L'ÉCRAN IDÉAL

Voyons maintenant si, dans l'hypothèse d'une exposition normale (noircissement maximum de 1,7), il est possible de déterminer les qualités d'un écran idéal, permettant de reproduire les couleurs spectrales avec les valeurs relatives d'éclat qu'elles ont pour l'œil.

Il est nécessaire ici de faire une digression dans le domaine de la physiologie.

On a cru longtemps qu'une courbe représentant la luminosité optique du spectre était théoriquement possible.

Mais la physiologie moderne a montré qu'une courbe comme celle de VIERORDT ne peut avoir qu'une valeur approximative, et cela pour deux motifs :

D'abord, parce qu'il est impossible de trouver deux personnes voyant les mêmes rapports de luminosité entre les diverses couleurs (3).

Ensuite, deux couleurs qui, pour un œil donné, paraissent avoir la même luminosité, ne conservent pas cette égalité d'éclat, si l'on augmente (ou diminue) leurs

(1) EDER, dans ses *Spectralanalytische Studien über Dreifarbendruck*, suppose que le noircissement maximum atteint environ 2,5, ce qui correspond au chiffre de 1,7 avec  $K=1$ , si l'on admet que la valeur normale pratique de  $K$  est environ 1,5.

(2) Il s'ensuit que la dénomination : écran multipliant la pose par 10... 15, etc., est fautive, puisque le coefficient de l'écran est fonction des qualités de la plaque employée. Tel écran qui multiplie l'exposition par 15 avec une plaque orthochromatique de mauvaise qualité n'aura qu'un coefficient de 2 ou 3 avec une bonne plaque.

(3) Communication privée du professeur NAGEL, de Berlin.

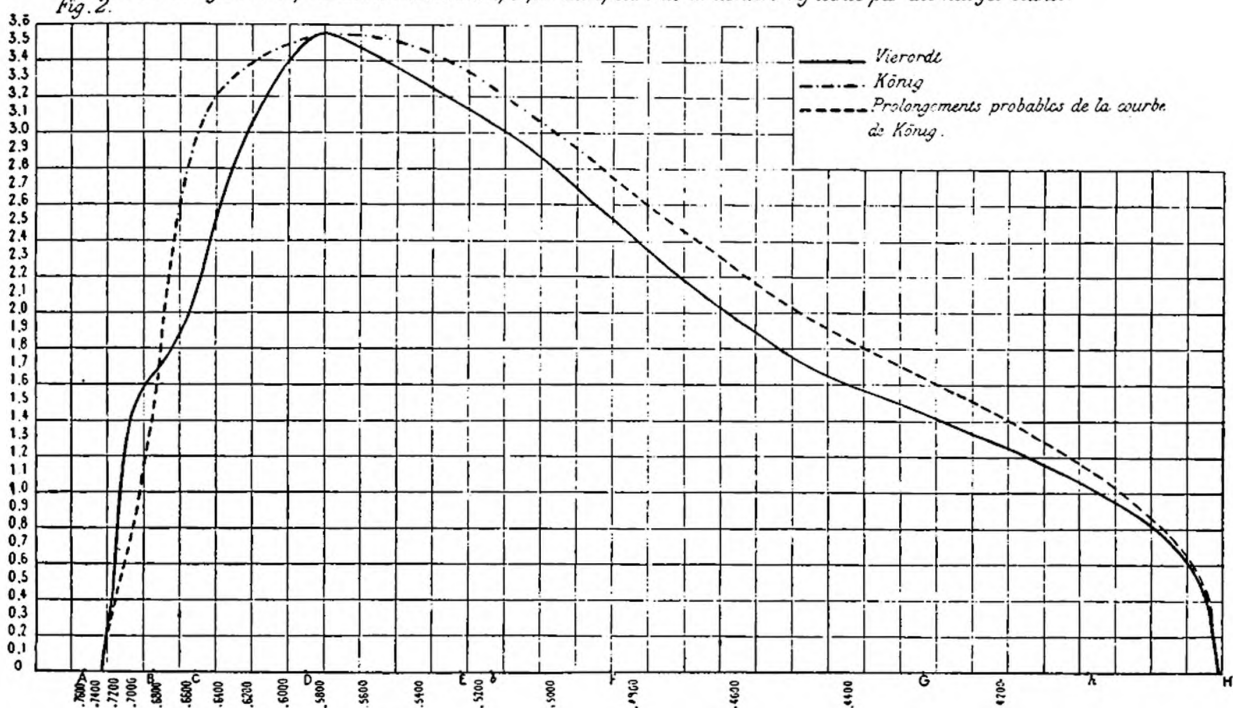
intensités d'une même quantité. C'est la lumière ayant la longueur d'onde la plus grande qui change le plus. Ce phénomène est connu sous le nom de phénomène de Purkinje.

Il faut ajouter que le phénomène de Purkinje disparaît presque complètement lorsque la luminosité du spectre est très faible ; la sensation de couleur disparaît alors, et il ne reste plus que la sensation de lumière. Le phénomène de Purkinje disparaît aussi, dans une certaine mesure, lorsque la luminosité du spectre atteint une certaine intensité (1).

Des courbes de luminosité obtenues dans ces deux cas il est évident que la dernière seule est intéressante pour la résolution du problème qui nous occupe.

De tout ceci il résulte qu'une courbe de la luminosité optique du spectre ne

Fig. 2. Courbes logarithmiques de la luminosité optique du spectre de la lumière réfléchie par des nuages blancs



peut avoir la prétention d'être rigoureusement exacte. Mais enfin c'est la seule base de comparaison dont on dispose, et il faut bien s'en contenter.

La figure 2 représente deux courbes logarithmiques des luminosités du spectre de lumière réfléchie par des nuages blancs.

Les chiffres qui ont servi à construire la courbe en trait plein sont ceux de VIERORDT pour le spectre solaire (2), modifiés pour le spectre des nuages blancs d'après le travail de KÖTTGEN sur la comparaison des spectres de diverses sources lumineuses (3).

Les chiffres d'après lesquels a été construite la courbe en trait mixte sont ceux

(1) HELMHOLTZ, *Optique physiologique*, et surtout ARTHUR KÖNIG, *Gesammelte Abhandlungen zur physiologischen Optik*. — Voir aussi MÜLLER-POUILLET'S, *Lehrbuch der Physik*.

(2) VIERORDT, *Die Anwendung des Spectralapparates zur Photometrie der Absorptionsspectren*.

(3) KÖTTGEN, *Untersuchung der spectralen Zusammensetzung verschiedener Lichtquellen* (*Annalen der Physik und Chemie*, 1894, p. 793).

de A. KÖNIG (1) pour un spectre de forte intensité lumineuse (le phénomène de Purkinje étant peu sensible) d'une lampe à gaz Triplex. Les chiffres ont été corrigés pour le spectre des nuages blancs d'après le même travail de KÖRTGEN. La partie centrale de la courbe (— . — . —) seule est tracée d'après les chiffres de KÖNIG; les deux extrémités (— — —) indiquent l'allure probable de la courbe dans ces régions spectrales.

Bien que ces courbes soient notablement différentes, elles ont cependant une certaine analogie; elles possèdent un maximum vers  $\lambda$  5600 à  $\lambda$  5800 et s'abaissent assez régulièrement vers les deux extrémités de la partie visible du spectre.

Rapprochons ces courbes de luminosité des courbes de noircissement des deux types principaux de plaques orthochromatiques dont il a été question. Prenons comme échantillons la « Perorto cachet vert » et la « Pinachromplatte ». Les courbes sont représentées dans les figures 3 et 4 et représentent des spectres ayant reçu une exposition normale, et développés de façon que le coefficient K soit environ égal à 1 (2). Dans ces conditions, les courbes de noircissement et les courbes de luminosité sont directement comparables.

Le premier fait qui ressort de cette comparaison, c'est que la courbe des luminosités est beaucoup plus élevée, et atteint le chiffre d'environ 3,55, tandis que la courbe des plaques n'atteint que 1,7 dans la région spectrale correspondante. En d'autres termes, et en passant des logarithmes aux nombres, tandis que les éclats varient dans le spectre dans le rapport de 1 à 3550, la plaque photographique, par exposition normale, ne peut rendre que des luminations variant de 1 à 50.

Qu'en faut-il conclure?

L'écran doit-il modifier la courbe de la plaque de façon qu'elle coïncide (dans la mesure possible) avec la partie supérieure de la courbe des luminosités, et sacrifier complètement la reproduction de certaines couleurs à l'obtention d'un orthochromatisme aussi correct que possible dans les régions lumineuses?

Ou bien faut-il se contenter d'un orthochromatisme moins rigoureux, et reproduire toutes les couleurs du spectre en adoucissant un peu la gamme des valeurs relatives des diverses couleurs spectrales?

Si l'on réfléchit que, dans l'impression positive sur papier, une gradation correcte est impossible (3), et que l'œil s'en contente cependant, parce qu'il n'est pas très

(1) A. KÖNIG, *Gesammelte Abhandlungen zur physiologischen Optik. Helligkeitswerth der Spectralfarben bei verschiedener absoluter Intensität.*

(2) Les conditions de développement ont été déterminées par tâtonnements successifs, en exposant des bandes des plaques en question dans le sensitomètre Scheiner, et en déterminant les valeurs de K d'après les noircissements obtenus. Comme il est difficile de déterminer les conditions de développement de façon que K soit *exactement* égal à 1, K a été mesuré pour chaque spectre et les valeurs des noircissements ont été ramenées par calcul à celles qu'ils auraient eues à très peu près, si K avait été exactement égal à 1.

(3) D'après DUFFIELD et HUNTER, les quantités de lumière réfléchies pour un paysage normal forment une gamme s'étendant de 1 à 50. D'après Abney, cette gamme va de 1 à 90. Or, la plupart des papiers photographiques réfléchissent encore dans les noirs les plus profonds environ 1/10 de la quantité de lumière réfléchie par le papier vierge d'impression!

Voir, pour plus de détails, EDER, *Handbuch der Photographie, Theil. II und IV.*



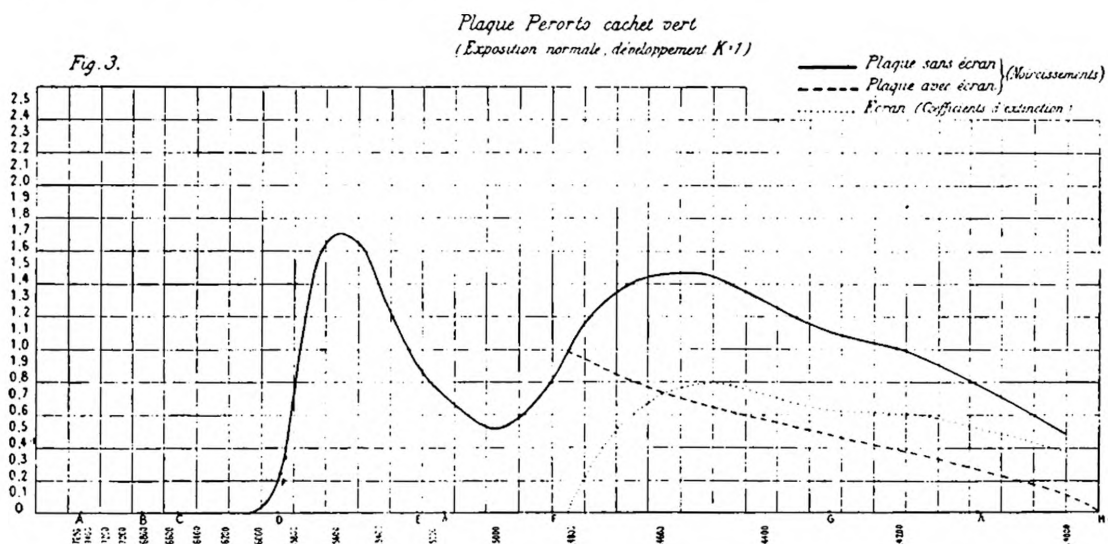
sensible à de petites inexactitudes dans la gradation, on acceptera certainement la seconde solution proposée.

Un écran idéal serait alors celui dont l'influence abaisserait la courbe de la plaque d'une façon graduelle depuis  $\lambda$  5600 jusqu'à la limite du spectre normalement visible, c'est-à-dire jusque vers la raie  $H_{\beta}$ .

Ce sont les écrans dits à « Compensation ». De tels écrans sont-ils possibles? Voyons à quelles courbes spectrographiques on arrive en déterminant les coefficients d'extinction d'après la règle qui fait l'objet du début de cet article (1).

La figure 3 montre de suite la difficulté du problème pour la plaque orthochromatique, et fait voir la lacune considérable qui reste vers  $\lambda$  5000.

Cependant, des écrans de ce genre fournissent déjà de bons résultats, et ont la qualité de prolonger relativement peu la durée d'exposition.



Seulement, la pratique confirme la théorie, et apprend que la gradation des différentes teintes du vert est faussée. Les verts jaunâtres sont beaucoup trop clairs par rapport aux verts bleuâtres (Exemple : sapins et prairies). Ce défaut est rendu plus grave encore par suite de l'insensibilité presque complète de la plaque orthochromatique aux radiations rouges, en sorte que les rayons vert-jaune arrivent à jouer un rôle par trop prépondérant.

La fig. 5 montre comment il est théoriquement possible d'atténuer cette action prépondérante des rayons de la région spectrale  $\lambda$  5600. Malheureusement, il est bien évident *a priori* qu'un tel écran aura un coefficient de pose assez élevé.

La fig. 4 montre que la difficulté dont il vient d'être question n'existe pas pour la pinachromplatte.

(4) Les prismes du spectrographe absorbant assez fortement les rayons de l'extrémité du spectre, les courbes des plaques et des écrans ne sont pas tout à fait assez élevées dans la région du violet.

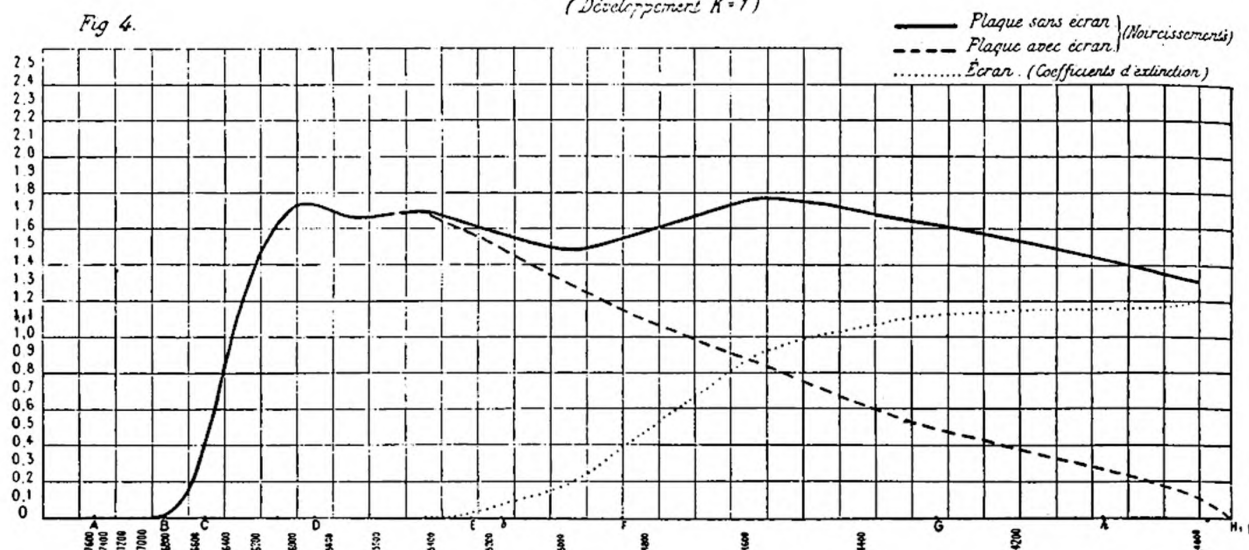
Théoriquement, d'ailleurs, chaque objectif nécessiterait un écran spécial selon son pouvoir absorbant propre des rayons ultra-violets et violets.



Comme la pinachromplatte est, en outre, sensible au rouge, il s'ensuit qu'elle donnera une reproduction beaucoup plus correcte (avec une exposition moindre) que la plaque orthochromatique, et présente des avantages même pour la photographie du paysage. Malheureusement, la sensibilité de la pinachromplatte aux

*Pinachromplatte. (Rapide)  
(Développement K=1)*

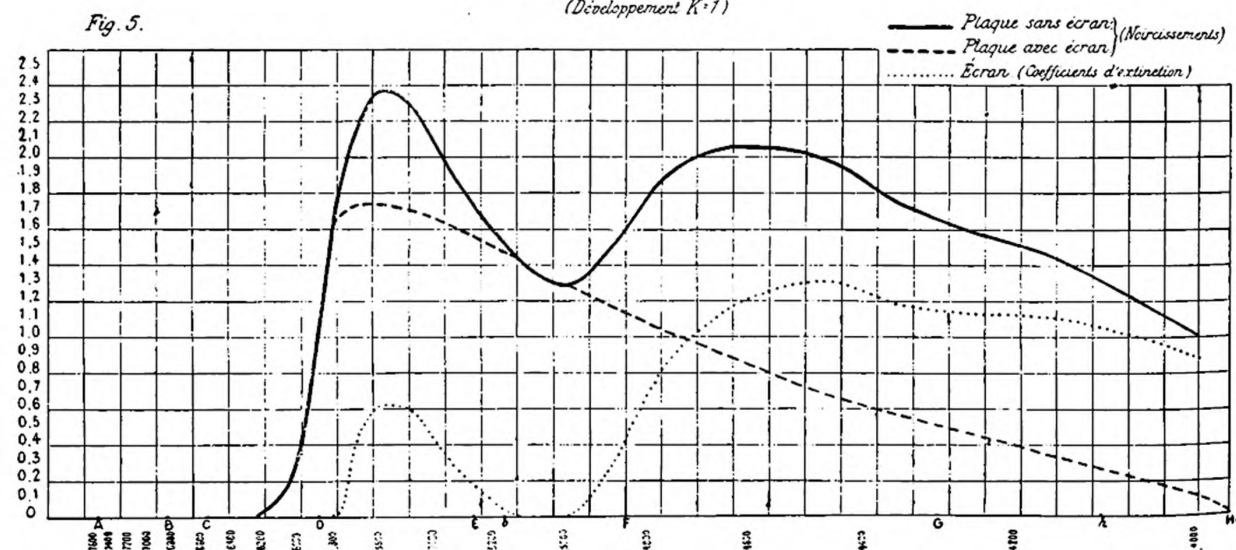
Fig. 4.



rayons rouges, qui est une grande qualité d'une part, la rend d'autre part d'une manipulation délicate, et exige un éclairage spécial (rouge foncé) du laboratoire obscur.

*Plaque Perorts cachet vert.  
(Développement K=1)*

Fig. 5.

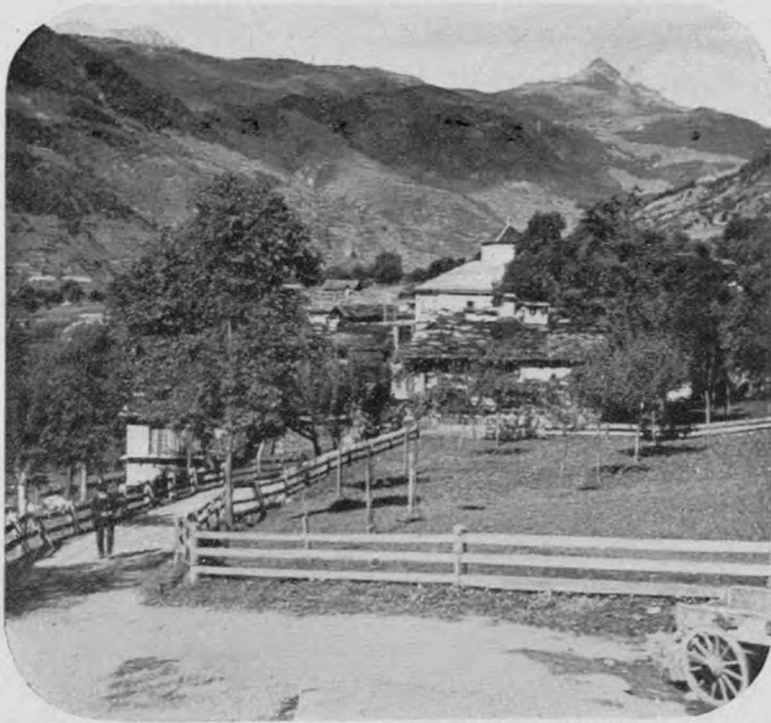


Les écrans dont il vient d'être question sont appelés, comme nous l'avons dit, écrans à compensation. Ce sont les écrans normaux à employer dans toutes les circonstances où l'exposition le permet (1).

Reste à savoir si l'écran à compensation est suffisant, et s'il n'est pas utile au

(1) Il n'est naturellement pas question de la reproduction de dessins noir sur blanc.





Robert Van CAUWENBERGHE.

PLAQUE PERORTO AVEC ÉCRAN DE PICRATE 1/10000<sup>e</sup>



A. CALLIER.

VEERE (HOLLANDE)

Ecran picrate 1/1000. Diaphragme F/14. Exposition : 1/4 de seconde.  
Plaque Perorto cachet vert.





Robert Van CAUWENBERGHE.

PLAQUE PERORTO SANS ÉCRAN



Robert Van CAUWENBERGHE.

PLAQUE PERORTO AVEC ÉCRAN DE PICRATE 1/1000







photographe d'avoir encore d'autres écrans à sa disposition. La pratique photographique enseigne qu'il est parfois désirable d'avoir un écran plus faible, soit qu'on ne puisse prolonger suffisamment l'exposition, soit que, pour des raisons quelconques, il y ait lieu de laisser prédominer légèrement les rayons bleus et violets, et de ne produire qu'un orthochromatisme approché. D'autre part, une absorption plus complète des rayons violets et bleus est nécessaire lorsqu'il s'agit de photographier des lointains brumeux, des ciels légers ou pâles... et d'obtenir le maximum de détails. Les écrans de ce type sont dits écrans à « Contrastes ». On peut en employer plusieurs variétés selon le sujet.

Il était intéressant de savoir quels sont les rayons les plus nuisibles. Dans ce but, les effets particuliers produits par les divers rayons de l'extrémité la plus réfrangible ont été étudiés. Des photographies ont été faites à travers des écrans ne laissant passer que des zones restreintes du spectre, savoir :

Un écran ne laissant passer que les rayons ultra-violet ;

Un écran ne laissant passer que les rayons violets situés entre G et H ;

Un écran ne laissant passer que les rayons bleus situés entre  $\lambda$  5000 et G (1).

Il résulte de cette étude que les rayons les plus gênants sont les rayons ultra-violet. Il semble que ce soient eux surtout qui rendent l'obtention des ciels et des lointains si difficile avec les plaques ordinaires.

En effet, dans les *clichés* obtenus au moyen de l'écran ultra-violet, les lointains sont fortement voilés, tandis que les avant-plans sont absolument transparents, sauf les reflets qui sont intenses. Les nuages blancs se détachant sur le ciel bleu sont absolument invisibles (même par sous-exposition), ou sont même rendus par des parties plus claires que le fond ! Dans les clichés obtenus au moyen de l'écran violet, ces défauts sont déjà moins graves. Les nuages blancs se détachent légèrement en teinte plus sombre sur le fond du ciel. Les verdurees restent transparentes. Les clichés obtenus à travers l'écran bleu ressemblent fort à ceux obtenus au moyen de l'écran violet ; seulement les défauts sont encore un peu atténués, surtout en ce qui concerne les verdurees.

(1) Ces écrans étaient composés de la façon suivante :

a) Écran ultra-violet : écran liquide renfermant :

Solution saturée de nitrosodiméthylaniline . . .	2/100
Violet cristallisé Meister Lucius et Brüning . . .	1/10.000
Bleu méthylène Meister Lucius et Brüning. . . .	1/100 000

b) Écran bleu : écran sec formé de :

Esculine :	
Violet cristallisé. . . . .	1/2000
Bleu méthylène . . . . .	1/100.000

c) Écran bleu : écran sec formé de :

Bleu carmin Meister Lucius et Brüning 1/20.000 d'une part ;  
Violet cristallisé 1/20.000 et bleu méthylène 1/20.000 d'autre part.

Ces écrans laissent passer un peu de rouge de l'extrémité du spectre, en sorte que l'écran ultra-violet ne paraît pas complètement opaque. Mais ce rouge est absolument sans action sur des plaques ordinaires au bromure d'argent, pendant la durée normale de la pose. Il suffit d'ajouter de l'esculine à l'écran ultra-violet pour s'en assurer.

Lorsqu'on n'exige pas un orthochromatisme rigoureux, et qu'on désire soit un écran léger à coefficient de pose peu élevé, soit un écran permettant de photographier des lointains vaporeux, il semble donc qu'il faille avant tout absorber les radiations ultra-violettes et violettes.

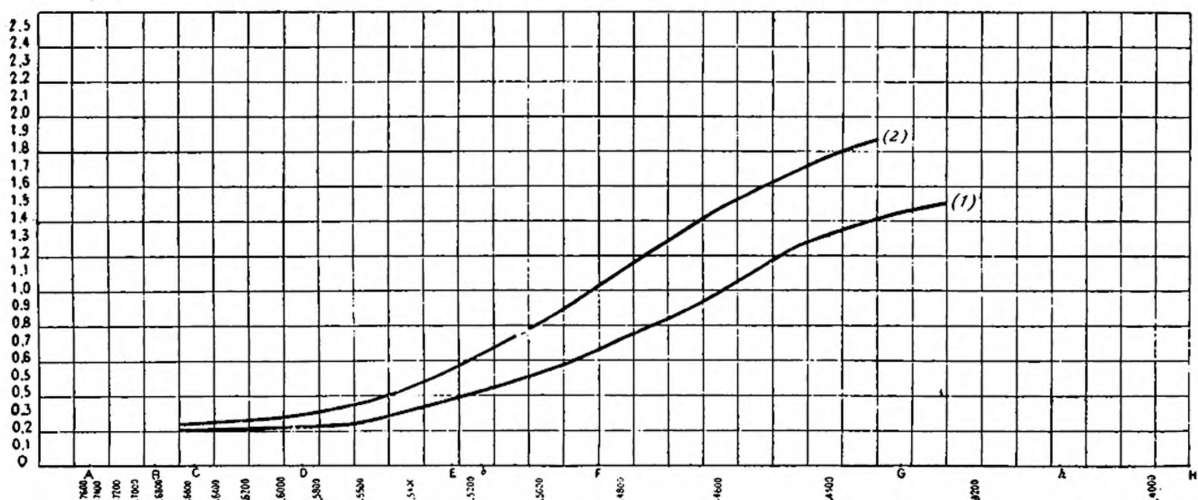
L'écran à contrastes n'est pas sans danger au point de vue de la reproduction correcte des couleurs; et il est bien évident que, par l'emploi de l'écran à contrastes, plus encore que par celui de l'écran à compensation, l'action des rayons verts et jaunes est exaltée au maximum pour les plaques orthochromatiques, dans une moindre mesure pour les plaques panchromatiques. Pour les écrans à contrastes employés avec des plaques orthochromatiques, on peut proposer la même correction que pour l'écran à compensation, savoir ajouter une absorption ayant son maximum vers  $\lambda$  5600.

### III. — MATIÈRES COLORANTES POUR ÉCRANS (1).

Les écrans les plus répandus sont les écrans en verre coloré. Il était donc intéressant de voir si ces verres répondent, dans une certaine mesure, aux desiderata formulés plus haut et si leurs coefficients d'extinction conviennent pour l'un ou l'autre type d'écran.

Fig. 6.

Écran en verre jaune.



La figure 6 représente les coefficients d'extinction (2) de deux écrans différents du commerce. (Le n° 1 provient d'une des premières maisons d'optique de l'Alle-

(1) L'étude des matières colorantes a été faite au moyen d'un spectroscopie à double fente, d'après la méthode de VIERORDT et au moyen de la cuve à absorption de SCHULZ. Les coefficients d'extinction se rapportent donc à une couche liquide de 10 mm. d'épaisseur. Voir, pour plus de détails : KRÜSS, *Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse*, et TRAUBE, *Physikalisch chemische Methoden*.

Pour certaines substances (picrates, tartrazine) les résultats ont été contrôlés au moyen du spectrographe à cause de la difficulté des observations dans la région violette. Voir EDER et VALENTA, *Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse*, t. Ier, p. 102.

(2) Le coefficient d'extinction dû à la réflexion et à l'absorption du verre, substratum de la matière colorante, a été évalué à 0,036 et se trouve déduit dans le diagramme.

magne.) Un simple coup d'œil montre que ces écrans présentent des défauts graves :

Manque de ressemblance de la courbe avec les courbes théoriques et, en particulier :

Absorption considérable vers  $\lambda$  5000 (c'est-à-dire précisément dans la région où l'écran doit être le plus transparent) et manque de transparence dans toute la région peu réfrangible du spectre.

Il s'ensuit que les écrans colorés, du type verre coloré, ont un pouvoir absorbant défectueux et prolongent considérablement l'exposition.

Beaucoup de matières colorantes possèdent, au contraire, à un très haut degré, la propriété d'absorber certaines radiations et d'être très transparentes pour d'autres. En ce qui concerne, en particulier, les substances convenables pour la constitution d'écrans orthochromatiques, on en a recommandé un nombre si considérable que l'amateur ne sait laquelle choisir ; et la plupart des auteurs donnent fort peu de détails sur les concentrations favorables et sur les absorptions. Il semblait donc nécessaire de passer en revue toutes les matières colorantes jaunes conseillées pour la préparation des écrans et de déterminer leurs spectres d'absorption (1).

Le résultat de cette étude a fait rejeter toutes les couleurs de la chimie organique qui, sous l'épaisseur de 10 mm. et à la concentration de 1 : 10,000, présentaient une teinte orangée.

Toutes ces substances ne sont, en effet, à aucune concentration suffisamment transparentes dans la région  $\lambda$  5000, et doivent être écartées d'emblée bien qu'elles aient souvent été conseillées.

Tels sont le méthylorange, la chrysoïdine, l'aurantia, etc., auxquels on peut ajouter le bichromate de potasse dont les coefficients d'extinction (2) sont figurés dans le diagramme 7.

Les substances organiques présentant à l'état de solution 1 : 10.000 une teinte jaune pur ou jaune verdâtre conviennent beaucoup mieux que les précédentes. Voici l'énumération des corps étudiés avec leurs propriétés (qualités ou défauts) essentielles. La liste contient aussi d'autres substances que des couleurs jaunes, mais qui peuvent entrer accessoirement dans la préparation des écrans orthochromatiques.

*Monochromate de potassium.*  $K_2CrO_4$ . — Le monochromate présente un spectre d'absorption ressemblant à celui de l'acide picrique, mais son pouvoir sélectif est moins puissant. De plus, sa coloration est moins intense et une plus grande

(1) Les matières colorantes du commerce sont généralement impures et des produits de fabrications différentes ne sont donc pas comparables. Les spectres d'absorption et les concentrations dont il sera question se rapportent aux produits dont l'origine de fabrication est indiquée. (Les couleurs des Farbwerke vorm. Meister Lucius et Brüning sont préparées pour la fabrication d'écrans colorés).

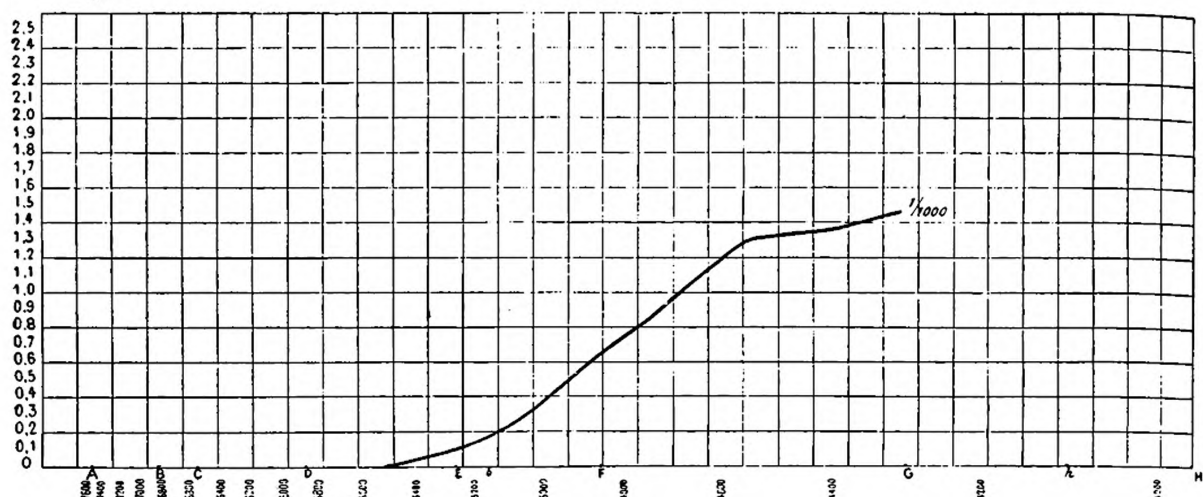
Des indications sur les spectres d'absorption se trouvent dans : FORMANEK, *Spektralanalytischer Nachweis künstlicher organischer Farbstoffe*.

Des renseignements sur les propriétés chimiques se trouvent dans SEYEWETZ et SISLEY, *Chimie des matières colorantes artificielles*.

(2) Les chiffres trouvés pour le bichromate diffèrent de ceux donnés par EDER, mais coïncident sensiblement avec ceux de VIERORDT.

quantité de matière est nécessaire pour obtenir une coloration donnée, ce qui est un inconvénient pour la préparation d'écrans secs. Pour les écrans liquides, le monochrome présente l'inconvénient grave d'attaquer le verre et de rendre à la longue les cuves à l'absorption inutilisables. Voir diagramme 8.

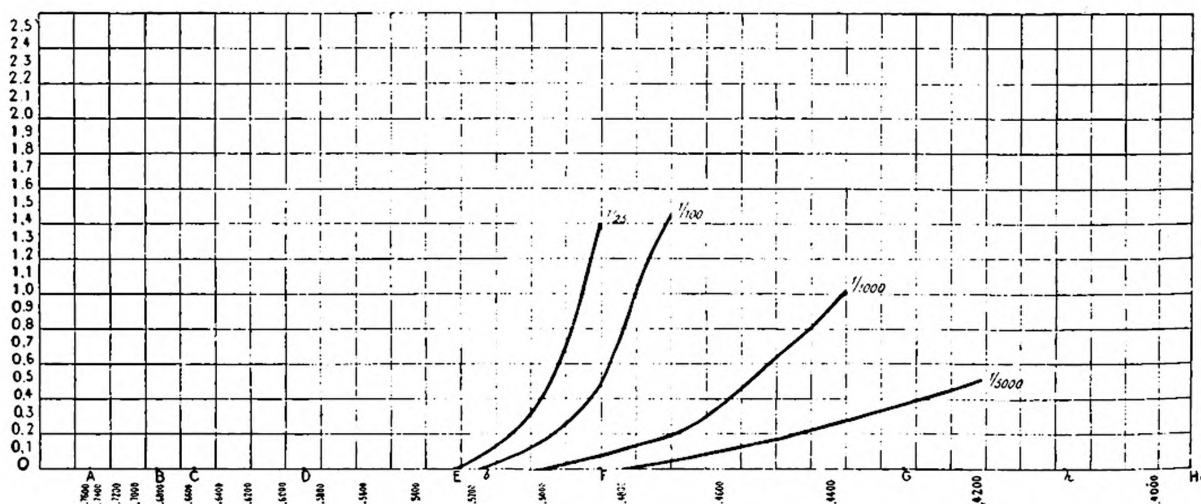
Fig. 7.

*Bichromate de potassium.*

*Jaune primuline* (BAYER). — La primuline fournit des dissolutions troubles et doit être rejetée.

*Benzoflavine n° 2* (OEHLER). — La benzoflavine présente une solubilité insuffisante dans l'eau et une solidité insuffisante à la lumière, tout au moins en solution aqueuse.

Fig. 8.

*Monochrome de potassium.*

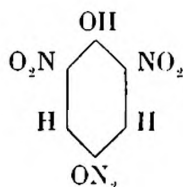
*Jaune acridine T* (Farbwerk MÜLLHEIM). — Le jaune d'acridine présente les mêmes défauts que la benzoflavine.

*Auramine* (Farbwerke vorm. Meister LUCIUS et BRÜNING). — L'auramine a été préconisée par ANDRESEN et possède de grandes qualités au point de vue de la coloration. Son spectre d'absorption est intermédiaire entre celui de la tartrazine

et de l'acide picrique. Seulement les dissolutions aqueuses présentent le défaut capital de se décomposer en ammoniaque et cétone (1).

Cette décomposition semble se faire même en présence d'un petit excès d'ammoniaque ou de chlorure d'ammonium. Il en résulte que la préparation d'écrans, ayant un pouvoir absorbant donné, est rendue à peu près impossible.

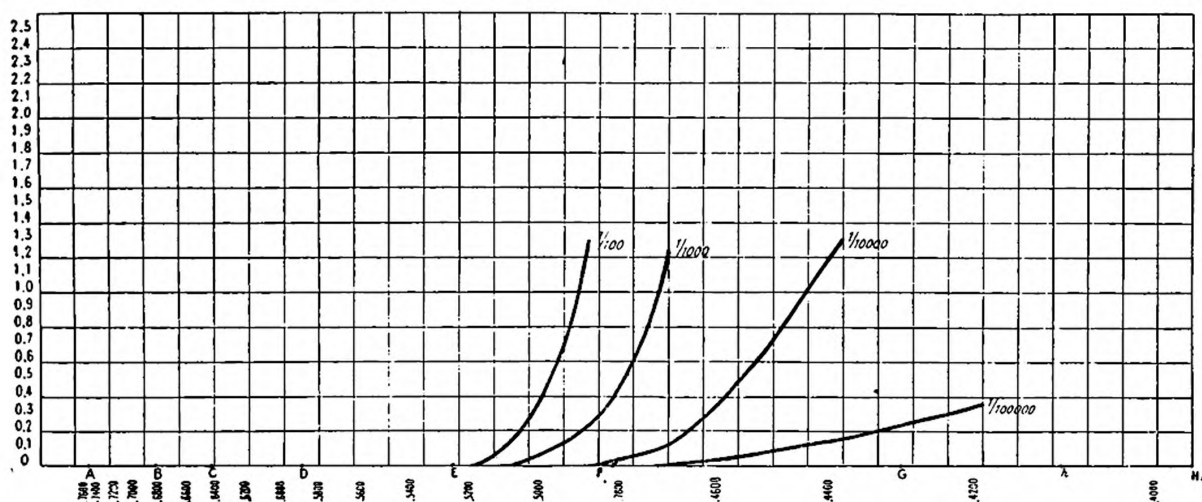
*Acide picrique (MERCK).*



L'acide picrique ou trinitrophénol présente une transparence extraordinaire pour les rayons situés vers  $\lambda$  5000. D'autre part, l'absorption des rayons ultra-violet et violets (2) est plus forte que celle des rayons bleus.

Fig. 9.

Acide picrique.



Il s'ensuit que l'acide picrique convient admirablement pour la préparation d'écrans légers et d'écrans à contrastes. Seulement on ne peut guère dépasser la concentration de 1/1000<sup>e</sup> gramme par centimètre carré, parce que l'acide picrique en solution concentrée précipite la gélatine ; il en est de même des picrates. Cette remarque ne s'applique naturellement pas aux écrans liquides. Voir diagramme 9.

*Picrates.* — Les picrates à l'état *sec* sont beaucoup plus colorés que l'acide dont ils dérivent. Mais les solutions d'acide picrique et de picrate semblent présenter des spectres d'absorption identiques pour des concentrations égales d'ions :  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{O}$ .

L'acide picrique étant lui-même déjà fortement ionisé (3), les différences de

(1) OST, *Lehrbuch der chemischen Technologie*.

(2) EDER UND VALENTA, *Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse*, I, p. 166. KAYSER, *Handbuch der Spectroscopie*, III, p. 550.

(3) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. I.



coloration entre des dissolutions équimoléculaires de picrates alcalins ou alcalino-terreux et d'acide picrique ne se font sentir que pour des concentrations fortes (1).

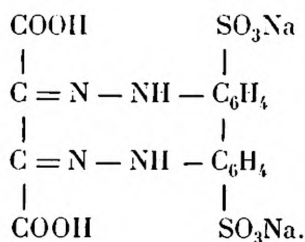
Parmi les divers picrates, celui de calcium est le plus intéressant à cause de sa grande solubilité (une solution saturée à 21°-22° contient environ 10 p. 100 de picrate) et de sa préparation facile au moyen d'acide picrique et de carbonate de calcium. Le picrate de calcium cristallise avec plusieurs molécules d'eau et doit être desséché d'abord dans un exsiccateur, puis, lorsqu'il est presque sec, à l'étuve (cette opération doit être faite avec précaution et en tenant compte des propriétés explosives des picrates). Le picrate de calcium humide est jaune; lorsqu'il est presque sec il devient orangé et il reprend brusquement la teinte jaune lorsqu'il est complètement sec et que son poids reste constant.

*Jaune de Martius* (Actiengesellschaft für Anilinfabrikation). — Le jaune de Martius est le sel alcalin du dinitronaphtol; son spectre d'absorption ressemble à celui de la tartrazine, mais ne présente sur lui aucune supériorité. Le jaune de Martius possède, d'ailleurs, une solubilité insuffisante.

*Jaune naphtol S* (Farbwerke vorm. Mestier Lucius et Brüning). — Ce produit est le sel de sodium du dinitro  $\alpha$  naphtol  $\beta$  monosulfonique. Son spectre est très intéressant et tient le milieu entre ceux de l'acide picrique et de la tartrazine. Le jaune naphtol conviendrait donc très bien à la préparation d'écrans à contrastes énergiques impossibles à préparer au moyen d'acide picrique à cause de l'action de ce dernier sur la gélatine. Malheureusement la solubilité du jaune naphtol n'est pas suffisante, et lorsqu'on essaie de préparer des écrans secs contenant 1/2000<sup>e</sup> gramme de jaune par centimètre carré, il se produit une cristallisation dans la gélatine. Voir diagramme 10.

*Autres dérivés nitrés.* — Comme les dérivés nitrés semblaient intéressants, d'autres couleurs de la même classe ont été étudiées, entre autres le dinitrophénol 1 : 2 : 4, le dinitrophénol 1 : 2 : 6, le dinitroorthocrésol, le trinitrométacrésol et le trinitronaphtol. Mais aucun de ces corps n'a fourni des résultats particulièrement intéressants.

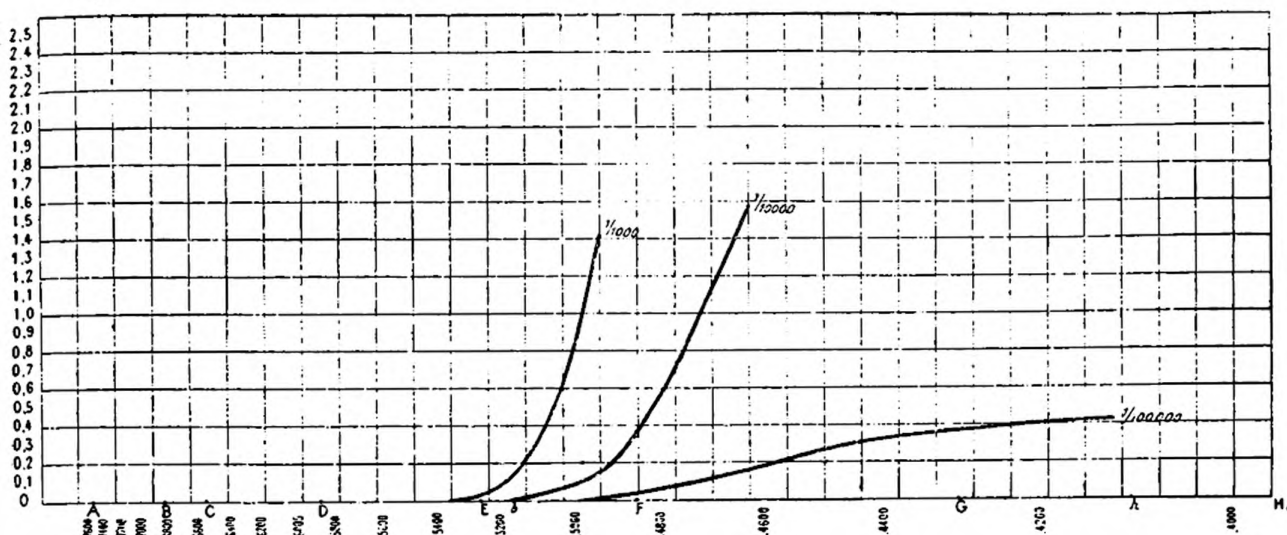
*Tartrazine* (Farbwerke vorm. Meister Lucius et Brüning).



(1) On a souvent dit que le picrate d'ammonium est beaucoup plus coloré que l'acide picrique. Cette erreur provient de ce fait que l'ammoniaque a une action chimique (mal connue) sur l'acide picrique. Il se forme une matière colorante rouge. La réaction est plus typique encore lorsqu'on ajoute un excès de soude caustique à une solution d'acide picrique; à chaud, on obtient une solution rouge foncé et il y a dégagement d'ammoniaque.

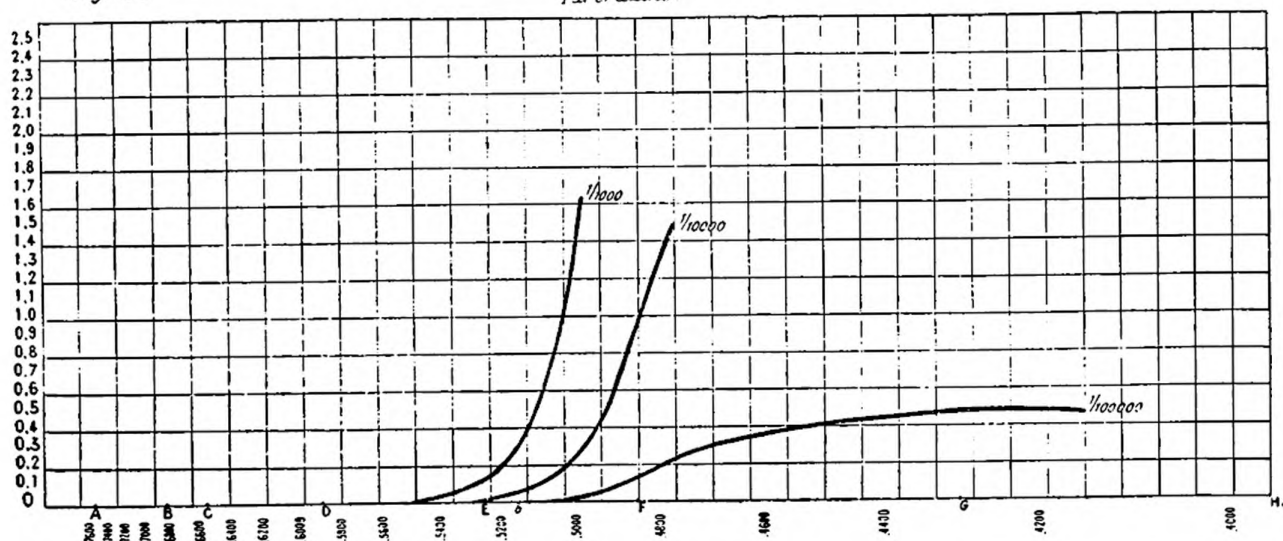
La tartrazine a été recommandée par MIERNE et semble être la meilleure matière

Fig. 10.

*Jaune naphtol S.*

colorante pour la préparation d'écrans à compensation. Seulement, d'après PRECHT (1), elle présente une assez grande transparence aux rayons ultra-violet

Fig. 11.

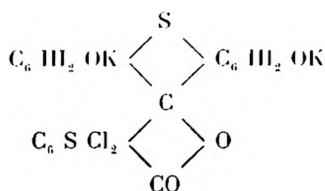
*Tartrazine*

de longueur d'onde inférieure à  $\lambda$  3625. Il semble donc avantageux d'ajouter à la tartrazine une matière absorbant les rayons ultra-violet. Voir diagramme 11.

(1) *Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie*, 1903, n° 8.

D'après des mesures faites au moyen du sensitomètre Scheiner, l'action photochimique produite sur des plaques ordinaires par les rayons ultra-violet (lumière du jour) traversant une solution de tartrazine 1/10.000, est égale à 1/25<sup>e</sup> de l'action produite par les rayons traversant l'écran ultra-violet, dont il vient d'être question.

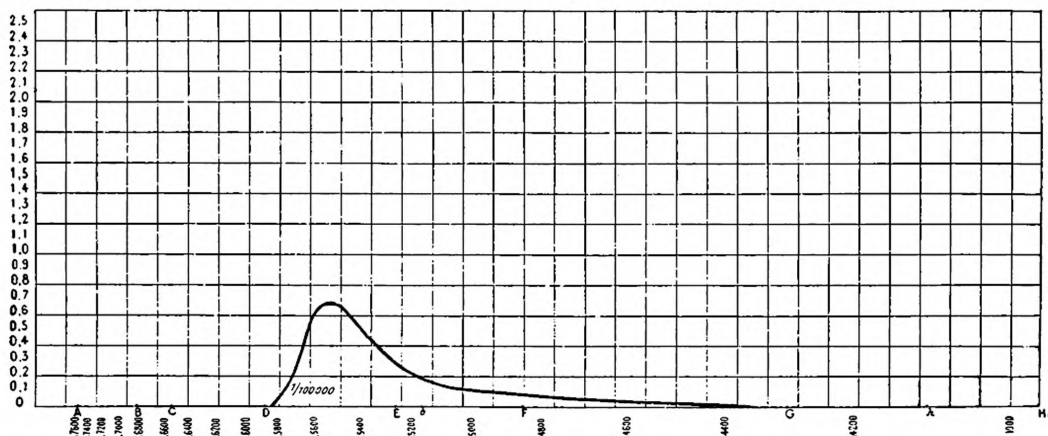
Pour le picrate de calcium 1/10.000, l'action photochimique des rayons ultra-violet, si elle existe, est inférieure à 1/5000<sup>e</sup>.

*Cyclamine pure (GILLIARD, MONNET et CARTIER).*

La cyclamine possède une coloration rouge violacée avec une bande d'absorption très nette vers  $\lambda$  5600. Elle peut donc convenir à la préparation d'écrans pour plaques orthochromatiques lorsqu'une action exagérée des rayons vert-jaune est à craindre. Voir diagramme 12.

Parmi les diverses matières colorantes ayant un maximum d'absorption vers  $\lambda$  5600, la cyclamine semble de loin la meilleure.

Fig. 12.

*Cyclamine.*

*Esculine (MERCK).* — L'esculine est un excellent absorbant des rayons ultraviolets. Seulement sa solubilité est très faible. Pour la préparation d'écrans secs dans la composition desquels entre ce produit, on remédie au manque de solubilité en employant, au lieu d'eau distillée, une solution saturée à froid d'esculine.

*Remarque.* — Toutes les couleurs dont il vient d'être question sont à fonction acide et peuvent, par conséquent, être mélangées.

*Constitution des écrans.* — Le tableau suivant donne la constitution de quelques écrans dont les propriétés répondent dans la mesure possible aux considérations émises plus haut. On se rendra compte de leurs courbes d'absorption en se rapportant aux diagrammes.

Les coefficients de pose des divers écrans ont été déterminés au moyen du sensitomètre Scheiner et d'après la méthode décrite dans le *Bulletin* d'avril 1904 (1).

(1) Il est nécessaire de rappeler que le coefficient de pose peut avoir des valeurs assez différentes selon le sujet à photographier. Il ne faut pas une exposition plus longue pour photo-

Les quantités de matières colorantes sont indiquées en grammes et par centimètre carré.

COMPOSITION DE L'ÉCRAN	USAGES	COEFFICIENTS de pose.	
		Perorto cachet vert.	Pinachrom-platte Rapide.
Esculine. Tartrazine 1/50.000.	Ecran à compensation léger pour Perorto . . . . .	4,5	
Esculine. Tartrazine 1/30.000. Cyclamine 1/100.000 . . .	Ecran à compensation normal pour Perorto (verdures sombres et claires dans le sujet) . . . . .	15	
Esculine. Tartrazine 1/35.000.	Ecran à compensation pour Pinachrom-platte. . . . .	6,3	6,3
Picrate de calcium 1/50.000 .	Ecran léger . . . . .	3	
Picrate de calcium 1/25.000 .	Ecran moyen pour lointains très clairs.	4,5	
Picrate de calcium 1/10.000 .	Ecran à contrastes pour lointains clairs.	5,5	
Picrate de calcium 1/1.000. .	Idem pour lointains brumeux . . . . .	7,5	
Picrate de calcium 1/1.000. Cyclamine 1/100.000 . . .	Idem (avec verdure sombres et claires dans le sujet) pour Perorto . . . . .	17	
Picrate de calcium 1/10.000. Tartrazine 1/5000 . . . . .	Ecran à contrastes pour lointains très brumeux . . . . .	9,5	
Picrate de calcium 1/10.000. Tartrazine 1/5.000. Cyclamine 1/100.000 . . . . .	Idem (avec verdure sombres et claires dans le sujet) pour Perorto . . . . .	25	
Ecran en verre coloré, voir diagramme 6, n° 2. . . .		14	18

#### IV. — PRÉPARATION DES ÉCRANS

Au point de vue théorique, les écrans liquides sont incontestablement les meilleurs. Ils permettent de graduer très exactement la concentration, et les bons écrans de ce type ne diminuent en rien la netteté fournie par l'objectif, ce qui est indispensable pour les travaux de reproduction (1).

graphier une fleur d'un jaune pur avec un écran de picrate, par exemple, que sans écran. Au contraire, le même écran de picrate aura un coefficient de pose considérable s'il s'agit de photographier un lointain perdu dans les vapeurs bleuâtres.

Les coefficients de pose donnés ci-après se rapportent à la lumière du jour diffusée par deux verres dépolis.

(1) Tous les bons opticiens fabriquent des cuves-écran, à des prix fort élevés, il est vrai. Pour l'amateur, les cuves de la maison LEYBOLD, de Cologne, suffisent dans la plupart des cas, surtout si les distances focales des objectifs ne dépassent pas une cinquantaine de centimètres. Ces cuves sont livrées à des prix fort modérés.

*Note importante.* — Les écrans en général et les cuves-écran en particulier doivent avoir un diamètre supérieur à celui de l'objectif afin de ne pas diminuer l'angle de ce dernier.

Seulement, pour tous les travaux en dehors de l'atelier, les écrans liquides sont peu pratiques.

On a donc cherché à les remplacer par des écrans secs (1). Le principe de la méthode consiste à étendre sur une plaque de verre un liquide coloré laissant par évaporation ou dessiccation une pellicule colorée.

On a proposé divers véhicules de la matière colorante, dont les principaux sont le collodion, le vernis négatif et enfin une solution de gélatine. C'est ce dernier qui fournit de loin les meilleurs résultats, et c'est le seul qui permette d'obtenir des couches absolument régulières (2).

On peut soit étendre sur du verre une solution tiède de gélatine qu'on laisse figer et sécher (3), plonger ensuite les plaques dans des bains de teinture jusqu'à ce qu'elles aient la coloration voulue, et les mettre enfin à sécher. Ou bien on peut étendre directement sur le verre une solution colorée de gélatine. Je n'insisterai pas sur la première méthode qui ne permet évidemment pas d'obtenir une coloration exacte (4). D'ailleurs, toutes les manipulations sont les mêmes que pour la seconde méthode, la meilleure à tous les points de vue.

Comme la préparation des écrans, sans être difficile, est cependant délicate et demande beaucoup de menus soins, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails. Toutes les indications qui suivent ont été contrôlées personnellement ; en les suivant scrupuleusement on arrive à préparer des écrans supérieurs à ceux qui sont jusqu'à présent dans le commerce.

*Choix du verre.* — Selon la place occupée par l'écran, les qualités optiques requises présentent de notables différences.

La meilleure place pour l'écran est sans contredit celle en contact direct avec la plaque sensible, parce que les défauts optiques de l'écran se font à peine sentir dans cette position. Seulement ce dispositif nécessite évidemment des écrans de la dimension de la plaque, donc lourds, fragiles, encombrants et coûteux.

On sera donc souvent forcé de placer l'écran dans la région de l'objectif.

On a souvent recommandé de le placer dans le plan du diaphragme, entre les lentilles. Cette disposition présente des inconvénients au point de vue optique (5). De plus, elle n'est pas pratique. MM. LUMIÈRE préconisent l'usage de l'écran derrière l'objectif pour ne pas supprimer l'action du parasoleil (6). MIETHE recommande, au contraire, la position devant l'objectif (7). C'est l'emplacement le plus

(1) Les écrans secs permettent de combiner dans un même écran des couleurs acides et basiques en les employant séparément pour chaque verre.

(2) MIETHE, *Zeitschrift für Reproduktionstechnik*, 1901, novembre. — KÖNIG, *Die Farbenphotographie*. Beaucoup de données sur la préparation des écrans sont empruntées à ce travail. — MONPILLARD, *Bull. Soc. fr. de Phot.*, 1904.

(3) On a proposé aussi d'employer des plaques ordinaires au gélatino-bromure, de les fixer dans l'obscurité, de les laver et de les sécher. Ces écrans ne peuvent convenir que dans les cas où le verre peut avoir des défauts de tous genres.

(4) MONPILLARD, *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1902.

(5) EDER, *Die Photographie mit Bromsilbergelatine*, p. 677.

(6) LUMIÈRE, *Notice sur les produits Lumière*.

(7) MIETHE, *Lehrbuch der praktischen Photographie*.



commode et le plus souvent employé (1). On a souvent préconisé pour les écrans des montures permettant de les glisser dans le parasoleil de l'objectif. Cette position permet d'employer encore le bouchon de l'objectif pour faire la pose ; mais elle présente dans certains cas l'inconvénient grave de diminuer l'angle de l'objectif. De plus, le parasoleil des objectifs modernes est si petit qu'on risque avec ce dispositif d'amener l'objectif et l'écran en contact, ce qui peut produire des raies dans le verre souvent tendre de l'objectif.

Une autre monture plus pratique consiste à faire de l'écran une espèce de bouchon dont il constitue le fond ; cette monture est surtout à recommander aux personnes qui n'emploient qu'un ou deux écrans. Au delà de ce nombre les écrans ainsi montés deviennent encombrants.

La monture qui semble offrir le plus d'avantages est celle des porte-écrans de SANGER-SHEPHERD dans lequel on peut glisser les écrans. Ceux-ci peuvent alors être carrés, ce qui constitue une facilité pour leur préparation, et il suffit d'un porte-écran pour toute une série d'écrans (qui sont eux-mêmes montés comme des diapositives). Voir fig. 13.

Le choix du verre est *de la plus haute importance* lorsqu'on choisit l'une des positions à proximité de l'objectif. C'est un point qu'on néglige parfois et sur lequel on ne saurait trop insister. A quoi bon payer fort cher des objectifs dont les aberrations sont bien corrigées, pour supprimer toutes les qualités optiques en employant

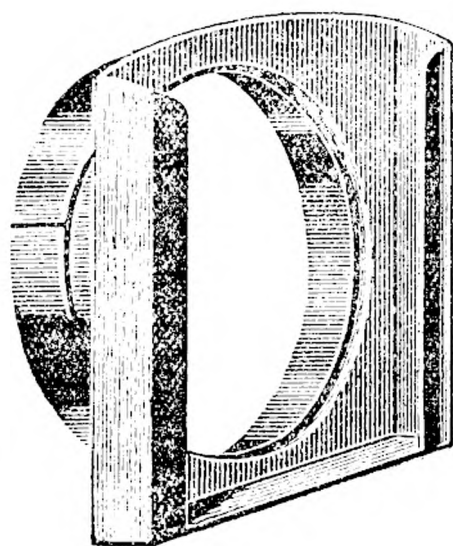


Fig. 13. — D'après *Eders Jahrbuch*, 1903.

un écran défectueux ? Il existe dans le commerce des écrans si mauvais qu'il n'est plus possible de mettre au point lorsqu'on les emploie avec des objectifs à distance focale de plus de vingt centimètres ! Voici les qualités requises pour les glaces. La glace ne peut être ni trop mince ni trop épaisse. Les glaces trop minces se déforment lorsqu'on les cimente au baume de Canada ; il ne faut donc, sous aucun prétexte, descendre en dessous de l'épaisseur de 1 mm. En outre, il est difficile de se procurer des glaces très minces de bonne qualité optique. Les glaces trop épaisses ont le défaut de former des écrans lourds et encombrants.

L'épaisseur qui semble présenter le plus d'avantages est celle de 1 mm.  $1/2$  pour les petits écrans, de 2 mm. pour les écrans dépassant 40 mm. de diamètre. Les écrans résultants ont alors 3 ou 4 mm. d'épaisseur et se manient facilement.

Des *glaces* de cette épaisseur ne se trouvent pas couramment dans le commerce. Il est possible de s'en procurer aux sources suivantes :

La maison STEINHEIL fournit des glaces à faces optiquement planes et parallèles, mais à des prix très élevés (2).

(1) Quelle que soit, d'ailleurs, la position adoptée, la théorie optique exige que la mise au point soit faite avec l'écran. En pratique il doit toujours en être ainsi.

(2) STEINHEIL, 2,25 Mark par  $\text{cm}^2$ . Il ne semble pas judicieux de mettre un prix aussi élevé

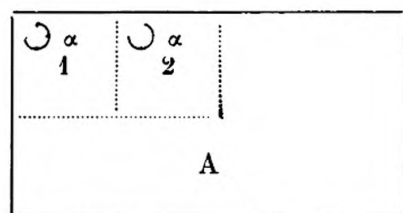
La maison ZEISS m'a fourni des glaces minces à des prix abordables (1). J'ai enfin pu me procurer des glaces minces donnant d'excellents résultats chez Heinrich VOGEL, à Giessen (2). Ces glaces présentent ce grand avantage qu'on peut les couper soi-même et en choisir les meilleures parties pour la confection des écrans (3).

Il existe des moyens à la portée de tout le monde pour voir si les glaces ont les propriétés optiques voulues. Les voici :

a) On place la glace devant l'œil et l'on regarde un objet situé à une vingtaine de mètres, en imprimant à la glace un mouvement rapide de va-et-vient *dans son plan*. Si l'objet examiné paraît se mouvoir, la glace est défectueuse ; les faces ne sont pas planes et la glace doit être rejetée. Si l'objet paraît se mouvoir seulement au moment où il *entre* dans le champ de la glace, mais reste immobile tant qu'il est vu dans le champ de celle-ci, les faces sont planes mais ne sont pas parallèles. Ce défaut est *beaucoup* moins grave que le précédent, et de telles glaces donnent souvent d'excellents résultats en pratique. Si l'objet ne bouge en aucun cas, les glaces sont excellentes au point de vue pratique.

b) Le second moyen indiqué par MIETHE consiste à placer la glace sur une surface sombre et à regarder les reflets d'un objet *lointain*. Si un même point présente deux images et que la distance entre les deux images varie suivant la région de la glace qu'on examine, les faces ne sont ni planes ni parallèles. La glace doit être rejetée. Si la distance entre les deux images reste constante, les faces ne sont pas parallèles, mais leurs rayons de courbure sont égaux. Si les deux images se confondent, les faces sont parallèles et leurs rayons de courbure sont égaux (4).

Après avoir coupé les glaces on les marquera dans un coin de façon à pouvoir les coller de la manière suivante :



La glace 1 sera placée sur la glace 2 ou inversement, *mais sans être retournée*, de façon que les angles  $\alpha$  soient superposés. On coulera donc la gélatine sur la face supérieure de 1 et la face inférieure de 2. De cette façon, si la glace A présentait un rayon de courbure qui ne fût pas infini, on obtiendrait cependant un écran dont les faces se-

raient approximativement parallèles à défaut d'être planes.

pour les glaces, parce que celles-ci subissent, malgré toutes les précautions, de légères déformations lors de la fabrication de l'écran. Si l'on tenait à avoir des écrans optiquement parfaits, il serait préférable de les faire polir par une maison d'optique après achèvement complet.

(1) ZEISS, 2 fr. 50 par glace  $6 \times 6$  cm. soigneusement rodée.

(2) VOGEL, 2 fr. 50 par glace  $18 \times 24$  cm.

(3) La coupe des glaces se fait au diamant ou bien à la roulette d'acier. Cette dernière est d'un emploi beaucoup plus économique, plus facile et plus sûr pour les amateurs qui ne sont pas habitués à couper le verre.

(4) Les procédés dont il vient d'être question, surtout si on les utilise tous deux, donnent en pratique des résultats très suffisants (la règle de MIETHE permet de se rendre compte d'un angle inférieur à une minute entre les deux faces). L'étude rigoureuse des qualités d'une glace ne peut être faite qu'au moyen d'appareils spéciaux employés dans les fabriques d'instruments d'optique. Voir MULLER-POUILLET'S, *Lehrbuch der Physik. Band Optik*, p. 920.

Des raies peu profondes n'ont, en pratique, aucune importance. On choisira, si cela est possible, eu égard à la règle dont il vient d'être question, le côté de la glace présentant de légères imperfections pour y couler la gélatine.

Les verres doivent être soigneusement nettoyés comme suit :

Ils seront immergés un certain temps dans de l'acide chlorhydrique dilué, puis rincés à l'eau et à l'eau distillée, et enfin frottés avec un linge de toile bien propre imbibé d'un mélange d'alcool et d'ammoniaque concentrée. Après quoi on les frottera avec un linge bien sec jusqu'à ce qu'elles acceptent la buée d'une façon absolument régulière. Les glaces sont alors prêtes à être employées.

L'étendage de la gélatine doit se faire dans une chambre spéciale dont l'atmosphère sera débarrassée autant que possible de toute poussière. Pour cela, on fermera les fenêtres et la porte de la chambre en question quelques jours avant l'étendage de l'émulsion.

On enlèvera de cette chambre toute étoffe de coton, tout essuie-mains, et l'on n'y pénétrera qu'avec des vêtements à étoffe serrée, peu susceptibles d'abandonner des filaments laineux. On enduira le plancher d'huile Dustless (1) ou, au besoin, d'huile de lin dans laquelle les poussières viennent se coller. On pourra aussi faire évaporer dans la chambre un ou deux litres d'eau ; la vapeur se condense sur les poussières qui tombent plus rapidement.

Les appareils nécessaires pour l'étendage de l'émulsion sont les suivants : un triangle métallique à vis calantes, une grande glace, des entonnoirs (dont un permettant de filtrer à chaud), des bechergläser, des pipettes graduées au 1/10 et au 1/100 de centimètre cube, une petite étuve et un assez grand exsiccateur à vide avec une trompe à eau munie d'une bonne soupape.

Voici le mode opératoire qui doit être suivi scrupuleusement. On commencera par faire gonfler 8 grammes de gélatine (2) dans de l'eau distillée, pendant une heure au moins ; on en exprimera ensuite le plus d'eau possible ; on placera la gélatine dans un ballon conique (ou un ballon à large ouverture) gradué à 100 cm<sup>3</sup>, et l'on ajoutera au moyen d'une pipette la solution de matière colorante préparée au titre de 1 %. La quantité de matière colorante doit être calculée pour une épaisseur de couche de 1,4 mm. si l'on emploie deux glaces colorées par écran, ce qui est préférable, pour une couche de 0,7 mm., si l'on n'emploie qu'une glace. On ajoutera enfin 3 cm<sup>3</sup> de glycérine pure (3) et de l'eau distillée pour parfaire le volume de 100 cm<sup>3</sup>.

(1) Chez Henry BACER, rue de Trévis, n° 22, à Paris.

(2) Toutes les gélatines sont loin de convenir. Celle qui m'a donné les meilleurs résultats est la « gélatine blanche extra », à 5 francs le kilo, de la *Deutsche Gelatinefabriken*, à Winterthur (Suisse).

(3) La plupart des auteurs attribuent les défauts des écrans aux déformations produites par le collage au baume de Canada. Sauf MIETHE, qui y fait incidemment allusion, aucun ne parle d'une contraction de la gélatine produisant dans le verre des courbures qu'on peut comparer à celles que l'on constate chez les pellicules. Cependant, lorsqu'on prépare des écrans sans ajouter de glycérine à l'émulsion, ces courbures atteignent d'assez fortes proportions. Les écrans constituent alors des lentilles convergentes qui nuisent considérablement à la netteté fournie par l'objectif dont ils changent d'ailleurs la distance focale. Cette courbure mesurée



On fera dissoudre la gélatine à chaud (sans dépasser la température de  $50^{\circ}$ ) et l'on agitera de temps à autre au moyen d'une baguette de verre. Après dissolution on vérifiera si le volume est bien de  $100\text{ cm}^3$ , et dans la négative on ajoutera la quantité nécessaire d'eau distillée *tiède* et l'on agitera soigneusement. Ensuite, on filtre sur un bon papier à filtrer à tissu bien serré, mouillé au préalable. On emploiera de préférence un entonnoir à filtrer à chaud. On recueille la gélatine filtrée dans un ballon conique *tiède* en laissant couler le filtrat le long du verre pour éviter la formation de bulles d'air. On met ensuite la solution filtrée, les glaces nettoyées et les pipettes graduées pendant un quart d'heure dans une étuve chauffée à environ  $40^{\circ}$ . D'autre part, on placera sur le trépied à vis calantes une glace épaisse qu'on amènera au moyen d'un niveau d'eau à être rigoureusement horizontale. Cette glace doit avoir approximativement la température de  $15^{\circ}$  et devra être refroidie par immersion dans l'eau si la température dépasse  $20^{\circ}$ , et ensuite rapidement essuyée.

On placera alors la glace à écran chauffée à  $40^{\circ}$  sur un carton qu'on tiendra

au sphéromètre produit, pour un verre de 1,12 mm. d'épaisseur (sur lequel avaient été étendus  $7\text{ cm}^3$  de gélatine à 8 % par  $100\text{ cm}^3$ ), un rayon de courbure variant de 14889 à 19471 mm. selon le degré de sécheresse de la gélatine. En prenant pour indice de réfraction 1,5, on trouve qu'un écran, composé de deux verres ainsi déformés et employé avec un objectif de 250 mm. de distance focale, produit une diminution de la distance focale de 4,13 à 3,17 mm. ! (La pratique vérifie complètement les données théoriques.) Il va sans dire que les qualités optiques d'une telle lentille-écran laissent fort à désirer et qu'il est de la plus haute importance de supprimer cette déformation. Il y a plusieurs remèdes à employer :

1<sup>o</sup> On peut couler la solution de gélatine colorée sur des glaces dont l'envers porte déjà une émulsion sèche de gélatine. Il se produit ainsi deux contractions de forces opposées et on peut enlever les couches extérieures de gélatine quand l'écran est achevé, après collage au baume de Canada ;

2<sup>o</sup> On prépare une émulsion de gélatine à 4 % contenant 50 % de glycérine. On prépare, d'autre part, des glaces très épaisses et d'une dimension très légèrement inférieure à celle de l'écran. Lorsque la gélatine colorée a complètement fait prise sur les glaces minces, on laisse tomber sur les glaces épaisses quelques centimètres cubes de gélatine à 50 % de glycérine qu'on aura chauffée suffisamment (et sans plus) pour amener la fusion. On dépose enfin la glace mince portant la gélatine colorée sur la glace épaisse. Les deux glaces sont ainsi soudées par une colle à point de fusion peu élevé et on pourra enlever les glaces épaisses de l'écran proprement dit, lorsque le baume de Canada sera durci. Il suffit de chauffer légèrement. Entre temps, la glace mince sera à l'abri des déformations provenant de la gélatine ou du collage au baume ;

3<sup>o</sup> On empêche toute contraction de la gélatine en ajoutant à l'émulsion 3 % de glycérine. Ce dernier moyen a été étudié en étendant des solutions de gélatine plus ou moins riches en glycérine sur des pellicules minces en celluloid. La proportion de 3 % empêche l'enroulement de façon complète, et la dessiccation de la gélatine se fait néanmoins en quatre heures dans le vide sec.

Ce dernier moyen est évidemment le plus efficace et le plus simple ; pour des écrans de grandes dimensions, il peut être utile d'adjoindre le second moyen, pour éviter les déformations produites par le collage au baume.

L'addition de glycérine dont il vient d'être question n'a pas encore été conseillée à ma connaissance ; mais il ne semble pas qu'elle présente le moindre inconvénient. *Il est seulement possible que les changements de colorations que présentent en se desséchant les émulsions colorées au moyen de certaines couleurs (violet cristallisé) ne soient plus aussi marqués.*

dans la main gauche, tandis que l'on y laissera tomber au moyen de la pipette chaude la solution de gélatine, à raison de 7 cm<sup>3</sup> pour 100 cm<sup>2</sup> de glace. On inclinera la glace de divers côtés de façon que la solution de gélatine la recouvre en entier, en aussi peu de temps que possible, mais sans dépasser nulle part le bord. Au besoin on étendra la gélatine avec l'extrémité de la pipette. On incline alors l'écran en tous sens, puis on le fait glisser du carton sur la glace horizontale. On le recouvre d'un cristallisoir ou d'un becherglas pour éviter la chute de poussières (1). Au bout d'une dizaine de minutes la gélatine a fait prise; l'écran peut quitter la position horizontale et être examiné. Si la couche semble régulière et sans stries prononcées, on remettra l'écran sous le cristallisoir. Si elle présente des inégalités ou renferme des bulles d'air, il faut rejeter l'écran et retoucher la glace en la plongeant dans de l'acide nitrique, puis comme il a été dit plus haut. La pipette devra, en tout cas, être plongée dans l'acide nitrique, puis lavée à l'eau, rincée à l'eau distillée et séchée en y faisant passer un courant d'air sec et chaud, ou bien au moyen d'alcool et d'éther.

La gélatine sèche très lentement sous les cristallisoirs où l'on a mis les écrans à l'abri de la poussière, de sorte qu'on peut les y laisser au moins une heure sans que la dessiccation se dessine sur les bords.

Lorsqu'on aura coulé un certain nombre d'écrans, on les mettra *en une fois* dans un grand exsiccateur à vide contenant une étagère sur laquelle on placera les écrans; on fera ensuite agir la trompe et l'on n'ouvrira la cloche qu'après dessiccation complète des écrans. De cette façon ils sèchent en quelques heures, et à l'abri de la poussière.

Lorsque les écrans seront secs, on les examinera et l'on rejettera ceux qui présenteraient des stries accentuées. Les stries faibles disparaissent complètement lorsqu'on cimente les écrans. Cette opération se fait de la façon suivante :

On passe un blaireau sur les écrans. On laisse tomber sur l'une des couches de gélatine et au centre une quantité largement mesurée d'une solution épaisse de baume de Canada dans du chloroforme (2). On met également une *goutte* de baume au centre de la deuxième couche de gélatine et dans tous les angles des deux écrans. On retourne alors brusquement la glace portant le moins de baume et l'on amène *doucement* les couches de baume de Canada en contact; on laisse tomber alors le second verre sur le premier, *mais aussi lentement que possible*.

Lorsque cette opération est bien faite, il n'y a pas de bulles d'air entre les deux glaces et les gélatines n'adhèrent nulle part, accident qui arrive parfois avec des couches de gélatine contenant de la glycérine. On enlève alors le surplus de baume

(1) L'opération du coulage qui vient d'être décrite exige un peu d'habitude; mais en suivant *exactement* les indications données, on arrivera rapidement à un résultat satisfaisant. Les stries qui se produisent proviennent presque toujours de l'une ou l'autre négligence et, en particulier, de l'inégalité de température de la solution de gélatine, de la pipette et de la glace. Les stries se produisent infailliblement si leur température est trop élevée ou trop basse, et si la pipette n'est pas nettoyée après chaque usage comme il est dit.

(2) MERCK : Baume de Canada pour microscopie à 5 francs les 50 grammes. On obtient d'excellents résultats en prenant du baume du commerce de bonne qualité, en le faisant épaissir au bain de sable chaud, en le dissolvant ensuite dans du chloroforme et en le filtrant.



avec un canif (et on le garde pour le redissoudre dans du chloroforme). On dépose l'écran sur une glace *horizontale* recouverte d'une feuille de papier. On met sur l'écran une glace de même grandeur et épaisse d'environ 10 mm. et au bout d'un jour on ajoute une nouvelle glace. Au bout de trois jours, passés dans une température de 15° à 20°, le baume s'est épaissi et l'écran est terminé ; on le nettoie avec du chloroforme, puis avec du rouge anglais et un linge sec. On borde alors l'écran avec du papier noir, comme on le fait pour les diapositives.

Les écrans ainsi préparés se conservent indéfiniment si on ne les laisse pas inutilement exposés à la lumière. Leurs propriétés optiques, *si l'on a bien choisi les glaces*, sont excellentes et ne produisent pas une différence appréciable dans la mise au point, même pour des objectifs de 40 ou 50 cm. de distance focale.

Si l'on désire vérifier ces propriétés optiques, on opérera comme il a été dit pour l'étude de la qualité des glaces.

Dans le cas où l'on désire des écrans à faces mathématiquement planes et parallèles, il faut s'adresser à une maison d'optique pour les faire polir. L'opération paraît au-dessus de la portée d'une personne non spécialiste.

---

# PRATIQUE DE LA MÉTROPHOTOGRAPHIE

ACCOMPAGNÉE D'EXEMPLES ET D'ILLUSTRATIONS PROPRES A EN FAIRE  
APPRÉCIER LES AVANTAGES

(suite)

**Des instruments à employer.** — Dès 1852, nous avons cherché à utiliser une chambre noire à soufflet du commerce, de 0<sup>m</sup>,35 de distance focale, que nous avons fait munir d'un cercle azimutal avec trépied à vis calantes et d'un niveau à bulle d'air. Cet appareil improvisé qui nous permit de faire nos premiers essais aurait déjà pu suffire, si son champ utile, c'est-à-dire sans déformation trop sensible, de 25° à peine, n'avait pas été par trop restreint. Nous pensions d'ail-

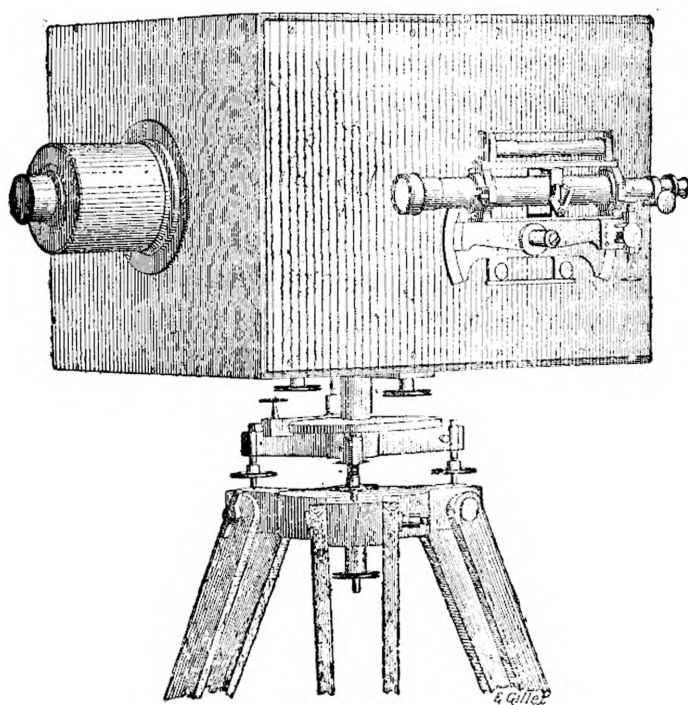


Fig. 9.

leurs, à une époque où il n'était guère question d'agrandissements, qu'il faudrait nécessairement recourir à des objectifs à longs foyers pour obtenir des images bien définies d'objets éloignés. Un habile opticien dont le nom mérite d'être conservé, car il a été l'un des premiers à s'aviser du procédé des retouches locales, BERTAUD jeune, étant parvenu à fabriquer pour nous des objectifs simples de

0<sup>m</sup>,50 de distance focale et d'un champ utile de près de 35°, nous nous étions adressé, comme nous l'avons dit, à l'excellent artiste BRUNNER pour faire construire, avec l'un de ces objectifs, l'instrument qui servit aux expériences dont il a été question plus haut et qui est représenté par la figure 9.

L'adaptation d'organes de précision à la chambre noire que l'on constate sur ce modèle primitif a été faite depuis lors à d'innombrables appareils, de formes variées, désignées sous les noms de *photothéodolites*, *photogrammètres*, *phototachéomètres*, etc., dont nous mentionnerons quelques-uns des plus perfectionnés ou même des plus simplifiés. Il y a, en effet, deux manières d'envisager la question qui résultent des deux espèces d'opérations que l'on a à exécuter sur le terrain, à savoir :

1° La préparation du canevas topographique comprenant les repères de la planimétrie et du nivellement ;

2° La prise des vues photographiées dans des conditions bien déterminées.

Or, parmi les opérateurs, les uns préfèrent n'avoir qu'un instrument destiné à effectuer les mesures angulaires (et aussi les mesures micrométriques) du canevas aussi bien qu'à prendre les vues, tandis que d'autres conservent le théodolite ordinaire pour les premières opérations et se contentent d'une chambre noire très simplement agencée pour prendre les vues.

**Opérations préliminaires.** — 1° TRIANGULATION. — Nous ne nous étendrons pas longuement sur ces opérations qui sont décrites dans tous les traités de topographie et nous nous bornerons à rappeler qu'après une inspection rapide du terrain on choisit, autant que possible, sur une route ou sur un chemin en ligne droite et en plaine, deux stations dont on mesure la distance avec une chaîne, un ruban d'acier, un fil de métal *invariable* ou à la stadia. La longueur de cette distance qui forme la *base de la triangulation* dépend des circonstances locales, de l'étendue plus ou moins considérable du terrain à lever et de l'échelle à laquelle doit être exécuté le plan. Les extrémités, qui pourront elles-mêmes servir de stations pour la photographie, doivent être choisies de façon à permettre de découvrir d'autres points bien situés pour embrasser le terrain et pour continuer la triangulation dont les côtés peuvent atteindre souvent d'assez grandes longueurs comparative-ment à celle de la base. Ces longueurs calculées trigonométriquement (1) et rapportées sur le papier, à l'échelle adoptée, deviennent elles-mêmes autant de bases pour la construction graphique des points identifiés par les vues prises de leurs extrémités qui comprennent la même région.

Il peut arriver que, des sommets de la triangulation, généralement situés sur des plateaux, on ne voie pas le fond des vallons ou des ravins les plus rapprochés. Il convient alors de s'éloigner plus ou moins du sommet, dans les directions convenables, et de choisir une ou plusieurs stations photographiques auxiliaires qu'on y relie en mesurant, pour chacune d'elles, sa distance au sommet et l'angle compris entre la direction du sommet et celle de l'axe optique de la chambre noire.

(1) Dans certains cas, on se contente de construire aussi graphiquement les triangles, en recourant à un rapporteur spécial désigné sous le nom de *Transporteur*. Nous en citerons des exemples par la suite.

On peut même être obligé, dans quelques cas exceptionnels, par exemple pour reconnaître un vallon contourné, de s'éloigner du sommet de la triangulation, en faisant plusieurs stations auxiliaires qui doivent être alors relevées elles-mêmes par la méthode suivante (1).

2° CHEMINEMENTS. — Dans toutes les circonstances où l'on n'a pas le temps de séjourner, la reconnaissance à effectuer ne devant ou ne pouvant s'étendre que sur une zone assez étroite, par exemple s'il s'agit d'une étude préliminaire pour le tracé d'une voie de communication ou plus simplement encore d'un itinéraire (ce qui est le cas le plus ordinaire pour les explorateurs civils ou militaires), on peut remplacer les triangulations par des cheminements. En général, la méthode des cheminements consiste à suivre une route, un chemin ou une piste plus ou moins apparente, en mesurant les distances parcourues entre les points où l'on change de direction et les angles compris entre les directions successives. En rapportant sur le papier ces distances et ces angles (les distances à une échelle convenue) on obtient une série de repères qui forment ce qu'on appelle le *canevas polygonal* (2). Les sommets des angles du cheminement servent généralement de stations photographiques, mais on peut aussi avoir besoin de recourir à des stations auxiliaires dans leur voisinage.

On sait qu'en accomplissant leurs itinéraires, les explorateurs sont souvent obligés de se contenter d'évaluer les distances au pas ou même d'après le temps mis à les parcourir, et les angles à la boussole. Les résultats que l'on obtient dans de telles conditions ne peuvent être qu'approximatifs, mais ils ne sont cependant nullement à dédaigner. Toutefois, quand il s'agira d'exécuter un lever destiné, comme nous l'avons supposé, à étudier le tracé d'une voie de communication ou à d'autres recherches exigeant assez de précision, les distances et les angles eux-mêmes devront être évalués avec plus de soin, c'est-à-dire avec de bons instruments comme le théodolite portant une lunette à fils mesureurs et la stadia. Il doit être bien entendu qu'il serait encore préférable, si l'on en avait le temps, d'exécuter une chaîne de triangles dirigée le long de la zone à explorer.

Nous devons, à ce propos, ajouter que si l'on est suffisamment outillé et bien secondé, les reconnaissances à exécuter hâtivement, en campagne notamment, peuvent encore comporter un degré de précision satisfaisant. Des expériences de ce genre ont été faites, il y a longtemps, en France, par le service du génie, et nous ne saurions mieux faire que de citer les paragraphes suivants du mémoire

(1) Il n'est pas toujours nécessaire de prendre des vues à toutes les stations auxiliaires et il y a même des cas où l'on doit se contenter de *croquis de plans ordinaires* destinés à compléter les indications fournies par la photographie. Il y a là une question de tact et d'expérience de la part de l'opérateur exercé sur laquelle il est inutile d'insister en ce moment.

(2) La méthode des cheminements est très employée par les topographes dans le lever des détails. Le canevas polygonal se compose alors de *polygones fermés*, appuyés au canevas trigonométrique, et la *fermeture graphique* de chacun des polygones sert déjà elle-même de vérification. Employée isolément sur une ligne qui ne se ferme pas, la méthode des cheminements suppose d'autres moyens de vérification dont nous ne ferons qu'indiquer le principe dans cette instruction sommaire, le lecteur pouvant recourir, au besoin, aux traités de topographie détaillés.



de M. le capitaine (depuis commandant) JAVARY, qui les avait accomplies avec le plus grand succès.

« Trois opérateurs sont alors nécessaires, un géomètre et deux photographes. Le premier chemine sur une route (avec un théodolite dont la lunette est pourvue de fils mesureurs) et ne s'occupe que des opérations géométriques; un photographe marche parallèlement à lui, sur sa droite, muni d'un appareil léger et de petites dimensions, et fait les vues nécessaires à la construction du terrain de droite; il porte avec lui une boussole et une stadia. A chaque station, il tourne la stadia vers le géomètre qui vise sa direction et prend sa distance. Lui-même observe à la boussole les angles nécessaires à l'orientation de ses épreuves. Le second photographe fait la même opération à gauche. Quelques signaux très simples ont été convenus par avance, afin que toutes les observations soient faites. Un lever de ce genre ne comportant pas une grande précision, on doit faire un petit nombre d'épreuves et le travail marche très vite. Le géomètre a soin de viser lui-même sur quelques points bien reconnaissables pour assurer de temps en temps l'orientation des épreuves et rectifier les petites erreurs.

« Nous avons fait deux reconnaissances de ce genre : la première dans la vallée d'Orsay, entre Palaiseau et Orsay; le développement était de 8 kil. seulement, mais nous devions aller faire toutes les opérations puisqu'il n'y avait qu'un opérateur (l'auteur était seul avec un manœuvre porte-mire). La seconde fut faite dans la vallée de l'Arly, entre Faverges et Albertville (Savoie); nous avons obtenu une bonne reconnaissance effectuée en une journée de travail (de trois opérations cette fois), sur 23 kil. de développement. Le terrain construit s'étendait en quelques points jusqu'à 2 kil. à droite et à gauche du développement central (du cheminement).

« C'est la méthode qu'il convient de prendre dans les reconnaissances des pays pour lesquels on n'a pas de cartes et elle peut donner des résultats considérables, si l'on a soin de faire le cheminement central avec quelque précision (1). »

Nous soulignons ce dernier paragraphe parce qu'il mérite d'appeler l'attention aussi bien des explorateurs civils que des militaires en campagne, en les engageant à mettre à profit cette manière d'opérer, toutes les fois qu'ils seront dépourvus de toute espèce de documents et obligés de se hâter.

La figure 10 représente une vue de la chambre noire ordinaire à soufflet dont s'est servi le commandant JAVARY dans ses reconnaissances. Après

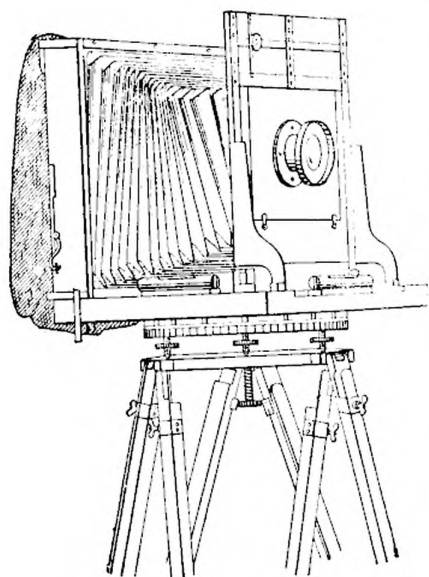


Fig. 10.

s'être contenté de poser celle-ci sur une planchette munie de deux niveaux croisés qu'il rendait horizontale en enfonçant plus ou moins les branches du trépied-support, il a eu recours au triangle métallique à vis calantes des instruments de

(1) *Mémoire sur les applications de la photographie aux arts militaires*, dans le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 22, 1874, p. 391 et suiv.



précision. Enfin, il a donné à la planchette une forme circulaire portant sur la tranche une division grossière en degrés, suffisante pour orienter la chambre noire, pour la faire tourner, par exemple, de  $30^\circ$ , de  $45^\circ$  ou de  $60^\circ$ , quand on a besoin, à une même station, de prendre plusieurs vues ou même de faire des tours d'horizon. On peut aussi remarquer sur la figure que, dès lors, le décentrement de l'objectif pouvait être pratiqué à l'aide d'une coulisse verticale, ce qui permettait de prendre des vues relevées ou plongeantes, quand cela était nécessaire.

*Repères de nivellement.* — On ne doit jamais perdre de vue, dans le cours des opérations qui viennent d'être décrites et où il n'a été question que de la planimétrie, qu'il s'agit en même temps de représenter le relief du terrain. Il convient donc, pour compléter les indications précédentes, d'ajouter qu'en faisant la triangulation ou en opérant les cheminements, il faut mesurer sur le cercle vertical de l'instrument que l'on emploie (théodolite, photothéodolite ou boussole nivellatrice) les angles de hauteurs nécessaires pour en déduire les différences de niveau des stations successives.

Les cotes de nivellement résultantes qui deviennent autant de repères servent de points de départ pour calculer celles des points identifiés sur les vues prises de deux stations différentes et déjà rapportés sur le plan. Enfin, comme cela a été expliqué antérieurement, c'est en se guidant d'après ces dernières cotes suffisamment multipliées que le phototopographe exercé dessine les courbes de niveau équidistantes qui doivent exprimer le relief cherché.

Nous terminerons ces renseignements généraux sur la pratique des levés topographiques à l'aide de la photographie par une énumération des principales circonstances dans lesquelles on peut avoir à opérer.

Cette espèce de classification n'a d'ailleurs rien d'absolu et n'est proposée que pour fournir l'occasion de donner quelques indications sur le choix de la méthode à suivre et sur la grandeur approximative de la base à mesurer quand on a recours à une triangulation.

1° Lever régulier à une grande échelle, de  $1/1000$  à  $1/5000$  et jusqu'à  $1/10000$  d'un territoire d'une étendue de quelques kilomètres carrés. On pourrait, à la rigueur, se contenter d'un canevas effectué par cheminements, composé de polygones fermés appuyés les uns aux autres, mais il est bien préférable d'exécuter une triangulation en partant d'une base de 300 m. au moins ou même de 500 à 1000 m., et dont les côtés peuvent être maintenus à peu près dans les mêmes limites.

2° Lever régulier à une petite échelle, de  $1/20000$  à  $1/50000$ , d'un territoire d'une assez grande étendue. Il ne faut pas hésiter, dans ce cas, à opérer une triangulation, en partant d'une base de 1000 m. et pouvant atteindre 2000 m., si le terrain s'y prête (1).

3° Etude topographique plus ou moins détaillée aux échelles de  $1/10000$ ,

(1) On peut être obligé, au contraire, par les circonstances, à se contenter d'une base de moins de 1000 m., mais il convient alors d'agrandir rapidement les côtés.

1/20000 et au-dessous, pour l'établissement de l'avant-projet d'une voie de communication, de drainages, d'irrigations, etc.

Une chaîne de triangles appuyée à une base de 1000 à 1200 mètres sera encore préférable, mais nous avons déjà dit que, dans des cas pressés, on pouvait se contenter d'un canevas polygonal suffisamment contrôlé.

4° Lever d'itinéraire. Reconnaissance militaire en campagne. Exploration des abords d'une place pour l'attaque ou pour la défense, aux échelles de 1/10000 à 1/20000.

La méthode des cheminements s'impose en quelque sorte dans la plupart des cas, à moins qu'on ait des repères, comme cela arrive le plus souvent autour d'une place assiégée. Dans ce dernier cas, on a aussi avantage à recourir à l'amplification des images à l'aide du télémétrographe ou du télé-objectif dont il sera question par la suite.

5° Reconnaissance, itinéraire en pays inconnu ou peu connu dont on ne possède aucune carte, aux échelles supposées de 1/10000 à 1/50000 et même au-dessous.

Nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été dit ci-dessus à ce sujet.

Colonel LAUSSEDAT.

(A suivre.)

---

## SOCIÉTÉS SAVANTES

---

### *Action de la lumière sur le Phosphore ordinaire dissous dans l'éther.*

Depuis longtemps, on a remarqué que le phosphore ordinaire soumis aux rayons lumineux se colore en rouge, et c'est SCHROETTER qui, en 1848, démontra que cette coloration était due, non pas à un oxyde, mais que c'était une modification allotropique du phosphore blanc, c'est le phosphore rouge, corps possédant de nombreuses propriétés différentes de celles du phosphore blanc.

La lumière peut donc, à la température ordinaire, effectuer la transformation du phosphore solide ou dissous dans le sulfure de carbone; d'après PEDLER, le phosphore insoluble obtenu, examiné au microscope, est en partie cristallisé, et d'après MICHAELIS et AREND, il retient de notables parties du dissolvant. VOGEL montra que dans cette action de la lumière, ce sont les rayons violets et ultra-violets qui agissent le plus énergiquement. BECQUEREL vit que la transformation du phosphore ordinaire en phosphore rouge pouvait s'effectuer sous l'influence du rayonnement du radium et qu'elle s'arrêtait si l'on supprime ce rayonnement.

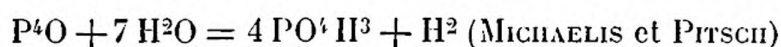
Nos expériences ont porté sur la transformation du phosphore ordinaire en solution éthérée.

La solution éthérée de phosphore blanc faite à l'obscurité, dans la chambre noire, et filtrée, est complètement incolore, et émet des vapeurs phosphorescentes. Soumise à l'action d'une lumière vive, elle se transforme au bout d'un temps plus ou moins long : de limpide qu'elle était, elle se trouble de plus en plus, et prend une coloration jaune clair, puis jaune foncé, jaune rouge; elle ne dépose pas et, si on filtre, on n'obtient pas de liqueur claire. Le phosphore, que nous pensions être transformé en phosphore rouge, est là à l'état colloïdal, très probablement.

Cette liqueur trouble, soumise à l'action des rayons X, mais à une dose assez forte de 10 à 15 unités II, laisse déposer au bout de quelques minutes toute la matière rougeâtre qui se colle au fond du flacon. Les flacons témoins n'ont pas bougé. Nous avons obtenu le même résultat, une seule fois, il est vrai, en agitant vigoureusement un de ces flacons témoins; dans l'un comme dans l'autre cas, nous avons une liqueur absolument limpide, et au fond du récipient, une matière jaune rougeâtre, à aspect huileux, s'attachant aux parois.

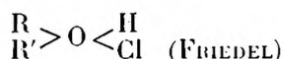
Après séparation de l'éther, le précipité est lavé avec un peu d'éther pur, puis traité par 20 à 25<sup>cm</sup>3 d'un mélange à parties égales d'eau et d'alcool; il se dissout en partie, et au bout de 24 heures, toute la matière rougeâtre a disparu, on a de nouveau une liqueur limpide, n'émettant plus de fumées à l'air, non phosphorente : il s'est formé de l'acide phosphorique; une solution de potasse dissout ce composé en donnant une coloration légèrement brune qui disparaît au bout de quelque temps.

Nous nous trouvons là en présence du sous-oxyde de phosphore P<sup>4</sup>O étudié par LE VERRIER, MICHAELIS et PITTSCH. MICHAELIS et AREND ont d'ailleurs signalé, en 1901, la formation de ce sous-oxyde de phosphore qui prend naissance dans l'action du phosphore sur l'eau sous l'influence directe de la lumière solaire. L'acide phosphorique qui s'est formé sous l'action de l'alcool aqueux répond à la formule

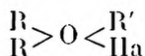


Il pourrait se faire aussi que le corps qui nous occupe soit un des composés signalés par M. A. GAUTIER, en 1873, et répondant à la formule  $P^4OH$ , à composition centésimale sensiblement semblable à celle de l'oxyde de LE VERRIER.

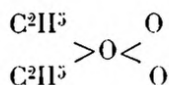
Sous quelle influence, comment cet oxyde s'est-il formé ? Est-ce par l'action de l'oxygène de l'air, le flacon n'étant pas rempli jusqu'au bouchon, est-ce par l'action d'un peu d'humidité, ou de l'éther lui-même ? On sait que l'oxygène est susceptible de fonctionner comme élément quadrivalent et que cette propriété se manifeste surtout, comme à l'ordinaire, chez les composés organiques. Elle est particulièrement marquée chez les éthers oxydes  $R^2O$  comme le prouve la formation de composés tels que :



C'est la formation transitoire de composés analogues que BAEYER et VILLIGER (*Ber. Chem. Ges.* 1902, p. 1202), puis plus récemment Tschelinzoff expliquaient (*Ber. Chem. Ges.*, t. XXXVII, p. 4534, to. déc. 1904) le rôle de l'éther dans la réaction de Grignard, rôle purement catalytique, dû à la formation et à la décomposition successives d'un composé instable, de formule



(Ha étant le métalloïde halogène de l'organo-magnésien  $R'Mg Ha$ ). Il se pourrait donc que, dans l'expérience qui nous occupe, l'éther agisse de la façon suivante : la couche superficielle formerait au contact de l'oxygène atmosphérique le composé :



contenant par conséquent un groupe éminemment oxydant, comme dans l'ozone, l'eau oxygénée, les composés peroxydes des métaux et métalloïdes (acide persulfurique, peroxydes alcalins et alcalino-terreux, etc...). Au contact d'un corps aussi oxydable que le phosphore blanc dissous dans l'éther, ce composé se détruirait au fur et à mesure en transmettant son excès d'oxygène au phosphore et en repassant à l'état de  $(C^2H^5)^2O$  et ainsi de suite, jusqu'à épuisement des possibilités de réaction.

Il serait curieux de voir si l'on observerait les mêmes phénomènes en dissolvant le phosphore dans d'autres éthers oxydes tels que  $(CH^3)^2O$ .

Quoi qu'il en soit, nous retenons ce fait que le liquide primitivement opaque, après action de la lumière solaire, filtrant trouble et ne donnant aucun dépôt, que nous considérons comme détenant un corps à l'état colloïdal a déposé spontanément sous l'action des rayons X. L'état colloïdal a été détruit ; on admet que les colloïdes sont chargés d'électricité positive ou négative ; sous l'action des rayons X ils sont déchargés, comme l'est l'électroscope à feuilles d'or, la substance à l'état colloïdal perd cet état et n'étant pas soluble dans le solvant, se dépose.

(Communication des D<sup>rs</sup> H. BORDIER et J. GALIMARD au congrès de Cherbourg de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1903.)

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

# SUR LA FONCTION PHOTOGRAPHIQUE

PAR M. ADRIEN GUÉBIARD (1)

---

**Vues générales.** — Dès les premières observations faites sur la *fonction photographique*, c'est-à-dire sur l'aptitude de certaines substances à subir, sous certaines influences, de l'ordre des radiations, des modifications visibles de leur surface, il fut remarqué que cette fonction, bien loin d'être régulièrement et indéfiniment croissante, présentait un maximum, au delà duquel elle tendait à retomber à zéro.

La forme précise de la courbe représentative n'a pas encore été sûrement établie, et il est hors de doute qu'elle varie suivant les modalités respectives d'énergie excitatrice ou réceptrice mises en jeu. Mais le fait seul de l'existence d'un changement de signe de la dérivée suffit à faire comprendre comment, lorsqu'une action photographique, d'ailleurs quelconque, se superpose à une autre, quelconque elle-même, elle peut, soit « continuer » celle-ci dans le sens de la croissance, si le maximum n'est pas atteint, soit, en apparence, la « détruire », si le maximum est dépassé, soit, enfin, paraître indifférente, « neutre », en négatif ou en positif, si elle correspond soit à un plateau maximal, soit au voisinage du minimum suivant.

De même on conçoit que, s'il se juxtapose, sur une même surface, des actions d'intensités très différentes, correspondant, les unes à la période d'ascension, les autres à la chute de la courbe, celles-ci doivent donner des images régressives, « inversées » par rapport aux autres.

Ainsi, sans plus, s'éclaircissent immédiatement tous les faits dits de « continuation », de « destruction », de « renversement », qui, sous les explications les plus extraordinaires et les plus contradictoires, encombrant la littérature des sels d'argent et y font persister un vocabulaire trompeur sous lequel disparaît la claire simplicité d'une loi très générale, applicable à toutes les modalités physiques de la sensibilité de surface, depuis les images de Moser et les *thermographies* de Huxr jusqu'aux rayons X, en passant par la phosphorescence (où il serait peut-être temps qu'on la mit en compte), dominant la photographie sous toutes ses formes (action de la lumière sur les résines, le soufre, comme sur les sels métalliques, etc.), pour aboutir peut-être aux modes les plus divers de la sensibilité physiologique, qui, eux aussi, de la surexcitation passent à l'anesthésie.

(1) Communication faite à la *Société française de Physique* : Séance du 3 février 1905.

Nous remercions tout particulièrement le D<sup>r</sup> GUEBIARD et M. P. VILLARD d'avoir bien voulu nous autoriser à reproduire ces deux articles parus dans le *Journal de Physique* (mai 1905 et septembre 1905).



Malheureusement, suivant que le photographe est ou chimiste ou physicien, ou ni l'un ni l'autre, on le voit attribuer soit à la vertu de tel bain, soit au pouvoir spécifique de telle vibration, soit à une circonstance insignifiante quelconque, le même accident, qu'un autre opérateur, ou parfois le même en une autre occasion, rattache à une raison tout opposée. Aucun, du reste, n'arrive à reproduire identiquement, en se basant exclusivement sur la circonstance donnée comme primordiale, la particularité, soit de « continuation », soit de « destruction » ou de « renversement », dont est loin d'être soupçonnée la connexité, non seulement avec celles dont les noms seuls semblent proclamer l'antagonisme, mais encore avec celles, toutes pareilles, que d'autres ont obtenues.

Aussi est-ce un sentiment véritablement pénible qui se dégage d'une incursion rétrospective dans cette abondante bibliographie spéciale (1), et un soulagement intense quand, sous l'impérieux besoin d'un peu de clarté, apparaît le lien logique de l'unique circonstance réellement commune à toute cette variété opératoire (2) : la superposition additive de divers modes d'énergie, ou physique, ou chimique, rattachant tous les cas particuliers, sans exception, à la loi fondamentale.

**Influence du bain développeur.** — Il est vrai que cette loi avait besoin elle-même d'être auparavant complétée, sinon dans ses détails, au moins dans sa généralité. S'il était bien connu, en effet, quoique, peut-être, insuffisamment formulé, que, par son facteur physique (la lumière), la fonction photographique, partie de zéro, revenait vers zéro, en passant par un maximum, rien de général, et pas grand chose de particulier, n'était connu relativement à l'intervention du second facteur, souvent principal : le bain dit *révélateur* ou *développeur*.

Tout au plus les praticiens savaient-ils qu'en prolongeant la durée ou exagérant l'intensité de son action, l'on arrivait parfois à diminuer au lieu d'augmenter les noirs du cliché. Même, s'il s'agissait, sur gélatino-bromure, de valeurs d'impression très grandes, qui, fixées avant révélation, eussent donné un négatif direct, le bain, très vite, retournait celui-ci en positif, donnant, aux points les plus éclairés, des transparences parfois toutes pures.

Des observations méticuleuses avaient bien constaté que cette chute des noirs n'était pas directe, ni semblable pour tous, mais précédée d'une ascension, d'autant plus longue que l'impression avait été moins grande. Enfin l'on savait aussi qu'il n'y a pas de surface sensible, si peu impressionnée qu'elle soit, qui ne finisse

(1) Un aperçu s'en retrouve dans la première partie de mon mémoire *Sur l'Inversion* (*Rev. des Sciences photographiques*, I, p. 257-269, 2 pl. ; 1904).

(2) Ce qui fait la difficulté du problème photographique, c'est la multiplicité des variables qui s'y mêlent. Aussi la première règle expérimentale devrait-elle être de réduire au rôle de constantes fixes et connues toutes celles dont on ne veut pas étudier la variation. Comment prétendre découvrir « les actions chimiques de la lumière » si on laisse aux actions physiques toute leur incertitude ? Pour préciser celles-ci, mon principal souci fut d'éliminer les autres et spécialement de rendre constante et comparable l'action du bain, par l'usage du développement lent qui, tout en réduisant considérablement les chances d'erreur de temps, supprime presque celles de variabilité chimique, si l'on choisit une solution peu altérable, comme : eau 1000, sulfite de soude anhydre 10, métoquinone 1 ; une durée fixe point exagérée : 1 heure ; une température moyenne : 15° ; et si l'on a soin de répartir en positions symétriques les phototypes par demi-douzaines, dans les cuves verticales.

par noircir dans un bain suffisamment fort ou suffisamment prolongé ; d'où le fatal *état neutre* de développement, voile de deuil du cliché.

Moins connu était ce fait, que l'adjonction, même à très faible dose, de certains renforçateurs dans le bain, une goutte de nitrate d'argent, d'hyposulfite de soude, etc., pouvait produire presque instantanément le même effet d'*inversion* du cliché qu'une exposition supplémentaire, même très courte, à une lumière, même faible, comme celle du verre jaune.

Mais tout à fait inattendue fut la constatation (1) que cette inversion pût être obtenue, même avec un bain très faible, pourvu qu'en fût seulement prolongée assez la durée.

Essayant de synthétiser toutes ces données éparses, et les nouvelles qu'apportait l'inversion par sur-développement, j'arrivai au diagramme suivant (fig. 1) qui,

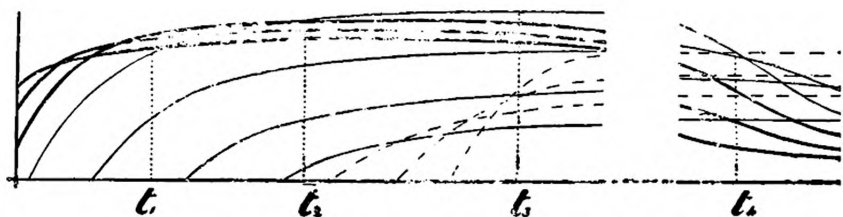


Fig. 1. — Graphique synoptique de la marche du noircissement en fonction de la durée du développement, pour diverses valeurs de l'impression, en bain lent.

sans prétendre à une rigueur numérique, impossible à réaliser en l'espèce (2), rendait compte synoptiquement de tous les faits alors à ma connaissance, relativement à l'influence du temps de développement sur le noircissement, pour des valeurs diverses de l'excitation physique.

Or il suffit de le rapprocher de la courbe (fig. 2) également schématique, et à peine un peu mieux étayée de trop rares données numériques, qui essaie de sym-

(1) A. GUÉBHARD, *Sur l'inversion de l'image sous-posée, par sur-développement lent* (Bull. Soc. fr. de Photographie, 2<sup>e</sup> série, XIX, p. 64-66 ; 1903).

(2) La figure que je donnerais aujourd'hui différerait déjà notablement, pour la forme individuelle des courbes vers leurs extrémités, du schéma provisoire que j'avais donné dans mon premier *Essai de représentation de la loi du développement photographique en fonction de la durée* (C. R. Ac. Sc., CXXXVIII, p. 494 ; 22 février 1904). Car la conclusion même de la présente étude, réformant les données de MM. LUMIÈRE sur lesquelles j'avais tablé, m'obligerait à modifier l'allure lointaine du faisceau ; et, d'autre part, l'utilisation du soleil du Midi m'a porté à croire que j'avais, aux courbes des excitations les plus grandes, attribué les longs plateaux qui appartiennent réellement aux excitations simplement grandes de l'usage courant. Les courbes de la solarisation devraient avoir une ascension et une chute encore plus rapides. Mais, tel qu'il est, ce graphique a suffi, non seulement à représenter certaines circonstances inattendues du développement, mais encore à expliquer des faits nouveaux, tels que le *silhouettage photographique* (C. R. Ac. Sc., CXL, p. 715), jusque dans des détails que, sous le couvert de simples contradictions verbales, on avait prétendu lui soustraire (C. R. Ac. Sc., CXL, p. 785). Aussi me paraît-il préférable d'attendre, pour le rectifier, d'avoir pu multiplier des observations que, malheureusement, l'urgence d'une autre étude qui me retient loin de Paris m'empêche de réaliser, et que mon seul but actuel est de tâcher de provoquer, fût-ce à titre rectificatif, de la part d'autres physiciens, mieux en mesure.

boliser la fonction photographique elle-même (1); et l'on arrive tout de suite à cette idée, qui, émanée pour moi du rapprochement d'une multitude, en apparence hétéroclite, de faits dépouillés, s'est imposée inéluctablement même aux observateurs les plus éloignés de toute vue générale, amenés à qualifier de « développement » certaines « actions continuatrices » de certaines radiations : à savoir, que s'il y a, pour chaque modalité d'énergie excitatrice, une courbe particulière du noircissement, toutes ces courbes demeurent de même famille, sans qu'il y ait de différence fondamentale entre celles de l'énergie physique, dite excitatrice, et de l'énergie chimique, dite développatrice ou même révélatrice, les unes et les autres ne faisant que s'ajouter, pour donner, chacune avec son coefficient propre, des résultats toujours additifs, uniquement dépendants d'une sommation algébrique et non d'une opposition physique d'énergies (2).

Quelques exemples particuliers vont préciser ces considérations générales.

« **Continuation.** » — Lorsque, sur un phototype impressionné, l'on fait agir

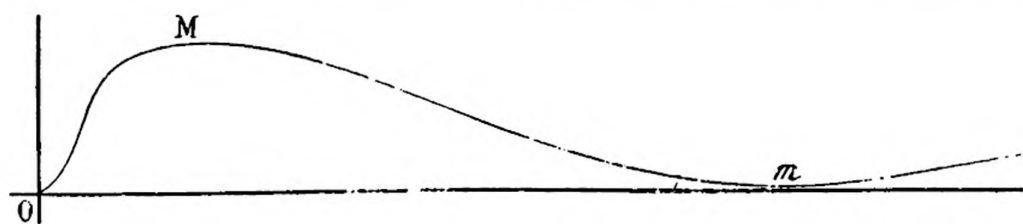


Fig. 2. — Schéma symbolique de la fonction photographique ou des altérations de surfaces en fonction de la somme de leurs causes.

une lumière assez atténuée pour être incapable de vaincre par elle-même l'inertie de départ de la surface sensible, il va de soi que cette action, quelque prolongée qu'on la suppose, laissera intactes toutes les portions du phototype demeurées en deçà de ce seuil, mais « continuera » toutes les parties déjà mises en route, et les poussera chacune soit vers le maximum de sa montée, si elle en était loin, soit au delà, si elle en était proche.

De là les contradictions qui surgirent dès les premières observations faites par DAGUERRE lui-même, par CLAUDET, LEREBOURS, E. BECQUEREL, etc., et, en dernier lieu, par M. P. VILLARD (3), sur l'action, dite tantôt *continuatrice* et tantôt *destructrice*, des verres rouges ou jaunes, dont tout le rôle consiste à arrêter les radiations d'activité supérieure au minimum de démarrage, pour laisser uniquement passer, pendant une durée qui compensera leur faiblesse, des rayons auxquels EDMOND BECQUEREL lui-même ne perdit jamais une occasion de dénier la vertu

(1) Rigoureusement, il faudrait autant de diagrammes divers de faisceaux de courbes qu'il y a de modalités d'énergie soit excitatrice, soit réceptrice.

(2) Pour ne rien omettre, il y aurait lieu de porter en compte, dans la totalisation des énergies coefficients, celle qu'emportent de l'officine du fabricant les préparations sensibles, dont la présumée constance n'existe même pas entre les divers points d'une même plaque (H. BOCASSE). Avec une très grande justesse de vues, qui ne se retrouve pas toujours lorsque l'emporte son rôle de compilateur, EDER assimile l'opération de la *maturation* des émulsions à une sorte de voilage préalable dû à l'action de la chaleur au lieu de la lumière.

(3) *Soc. de Physique*, 2 et 16 décembre 1904.



spécifique que semblaient leur attribuer des épithètes dont l'une au moins l'avait eu pour auteur.

Est-il utile d'ajouter — cela a été constaté par tous les observateurs sans parti pris (1) — que toute autre source lumineuse suffisamment atténuée, fût-ce de l'autre extrémité du spectre, peut remplir, à quelques nuances de modalité près, le même rôle, en un temps convenablement proportionné? Si l'on réussit mieux avec l'extrémité la moins actinique, c'est qu'elle est plus facile à rendre inoffensive pour les blancs, lesquels on n'arrive d'ailleurs à faire respecter ensuite par les révélateurs, que par un artifice analogue d'atténuation.

M. P. VILLARD fait très justement remarquer (2) que ce mode de « continuation » n'est pas autre chose qu'un vrai « développement », et cette confirmation de l'assimilation qu'avaient formulée maints autres observateurs constitue un argument important en faveur de l'unification énergétique que nous nous efforçons d'établir entre les deux facteurs concurrents, physique et chimique, se *continuant* simplement l'un l'autre, dans l'acte photographique.

**Voilage.** — Au lieu de demander *a posteriori* à une lumière atténuée (*Nachbelichtung*) la *continuation* d'une action qu'il est bien plus simple de laisser se *continuer* toute seule, il sembla naturel, dès l'origine de la photographie, de recourir à une légère exposition préliminaire (*Vorbelichtung*) pour vaincre l'obstacle de la première inertie et déduire ainsi, du temps de pose ultérieur, tout celui qu'il faudrait perdre à franchir le seuil de départ. Heureusement celui-ci était assez élevé, à l'époque, pour n'être point trop souvent outrepassé par un élan disproportionné (3).

Mais l'usage s'établit si bien de regarder cette pratique comme un simple complément de la sensibilisation, que nul ne s'avisait jamais de se méfier de l'énorme disproportion de cette intervention préalable (4) de la « lumière diffuse » avec la brève intervention efficace de la lumière diaphragmée et géométrisée, ni surtout de l'énorme indétermination de ce facteur variable, auquel on demandait un instrument constant.

Aussi fut-ce la principale origine de toutes les incohérences d'où est sortie la

(1) BIOT et ARAGO eux-mêmes, dans leur rapport sur la première communication d'Edmond BECQUEREL, disaient que la lumière d'une lampe de Locatelli pouvait, aussi bien que les rayons rouges du soleil, *continuer*, plutôt que détruire, une impression commencée.

(2) P. VILLARD, *Sur les actions chimiques de la lumière* (Soc. fr. de Physique, 2 déc. 1904). — Par contre, on ne saurait admettre l'objection à laquelle se bute cet auteur, comme quoi un agent incapable de commencer à lui seul une action physique ne saurait s'ajouter à un autre pour continuer cette même action une fois commencée. Les exemples physiques qu'on pourrait objecter à cette argumentation sont trop nombreux et trop élémentaires pour qu'il y ait lieu de les spécifier.

(3) Le fait seul que la plaque daguerréotype se manipulait couramment à la lumière d'une flamme de bougie, donne la mesure de ce qu'on pouvait se permettre alors impunément, comme voilage, tout en profitant souvent inconsciemment de cette auxiliation méconnue.

Il va de soi que cette opération, pratiquée pendant la pose, aboutirait au même résultat. Ce serait un chapitre d'histoire, et non le moins amusant, de l'esprit compilateur de certains inventeurs, que d'énumérer les artifices imaginés pour permettre à la chambre noire d'opérer automatiquement, dans ses arcanes, cette *Nebenbelichtung*, si facile à réaliser hors d'elle.

néfaste logomachie dont il paraît si difficile, encore aujourd'hui, de débayer le terrain. Que de forces vives ne s'y sont pas perdues ! Rien de clair ne sortit jamais de ce fatras de cas innombrables, et nous passerons sans insister sur le détail de faits qu'aucun auteur, autrement que par hasard, ne réussit à répéter identiquement deux fois.

**Photographies spectrales.** — Un point cependant mérite d'être relevé, à cause de l'importance de ses conclusions devenues presque classiques. C'est celui des photographies spectrales et des comparaisons de sensibilité des surfaces, faites avec la plaque voilée, c'est-à-dire avec un instrument de comparaison non comparable avec lui-même, altéré toujours, dans une mesure indéterminée, épuisé souvent et totalement amorti ou interverti dans sa sensibilité.

Dans le but louable de faire apparaître les extrémités du spectre qui, presque inactives par elles-mêmes, ont besoin d'un énorme renfort pour arriver à marquer leur impression dans le temps ordinaire de pose (1), on donnait à tous les points de la plaque une première impression, telle qu'à peine le violet y avait-il ajouté la sienne le maximum était, pour lui, atteint, puis dépassé, de sorte que, pendant la lente et pénible ascension des extrémités, sa chute encore se précipitait : d'où, au développement, une apparence de minimum à la place exacte du maximum vrai, et deux apparences de maxima errants, qui s'écartaient avec la prolongation ou de la pose, ou du développement, ou du voilage.

Comment se peut-il qu'en voyant, dans l'espace du prétendu minimum, apparaître, avec le spectre solaire, des raies *en positif* (2), tandis qu'elles restaient négatives dans les deux autres plages, et « amphytipes » entre deux ; et puis qu'en constatant qu'une impression directe, sans voilage, donnait, en pose normale, une image toute contraire, et seulement en pose suffisamment exagérée une image analogue ; et qu'enfin aucune tentative n'arrivait à fixer la position des pseudo-maxima ; comment se fait-il que des esprits aussi élevés que DRAPER (3), HERSCHEL (4), E. BECQUEREL (5), etc., au lieu de faire le simple retour indiqué vers la propriété, *déjà connue*, de la courbe fonctionnelle, aient usé tant d'efforts à rechercher, par ce procédé trompeur, les réactions spectrales des surfaces, et à

(1) Ce n'est d'ailleurs qu'affaire de temps, et sans parler d'une foule d'auteurs récents, tels que H.-W. VOGEL (*Phot. Mittheil.*, XV, 47 ; 1878), ABNEY, (*Phot. News*, p. 302 ; 1878), LÜRRÖ-CRAMER (*Wiss. Arb. auf dem Geb. d. Phot.*, p. 53, 8<sup>e</sup>, Halle-a-S. ; 1902), etc., E. BECQUEREL lui-même insiste fréquemment sur ce que le rouge et l'infra-rouge, en y mettant le temps, montrent la même faculté *excitatrice* que le violet. Même en phosphorescence, l'extinction est toujours précédée d'un instant de surexcitation. Et cependant n'est-ce pas là que des apparences mal scrutées justifiaient le mieux l'emploi du mot *destruction*, tel qu'on essaie aujourd'hui de le remettre en honneur ?

(2) FOUCAULT et FIZEAU, *Observations sur l'action des rayons rouges sur la plaque daguerrienne* (*C. R. Ac. Sc.*, XXIII, p. 680 ; 1846).

(3) J.-W. DRAPER, *On certain spectral appearances and on the discovery of latent light* (*Phil. Mag.*, 3<sup>e</sup> série, XXI, p. 348 et 453 ; 1842, etc.).

(4) J.-F.-W. HERSCHEL, *On the action of the rays of the solar spectrum on the Daguerriéotype plate* (*Phil. Mag.*, 3<sup>e</sup> série, XXII, p. 120 ; 1843).

(5) Edm. BECQUEREL, *Des effets produits sur les corps par les rayons solaires* (*Ann. de Phys. et Chim.*, 3<sup>e</sup> série, IX, p. 257-331, pl. III ; 1843).



représenter en de nombreuses planches des données dont eux-mêmes constataient l'instabilité?

Le seul procédé sûr pour connaître exactement le vrai maximum d'action d'un spectre sur une surface devrait consister, au contraire, à prendre, sur la surface intacte, des impressions échelonnées, soit comme intensité, soit comme durée, et à noter la première apparition d'une tache négative. Avec le voilage, on a un excellent procédé pour étendre l'image aux extrémités; mais ce n'est qu'en le pratiquant lui-même par échelons qu'il sera permis de tirer quelques déductions des apparences observées, et encore à condition de les savoir renverser où il faut.

Il y aurait, de ce fait, toute une étude à reprendre (1), pour vérifier s'il y a réellement d'une substance à une autre les différences de propriétés actiniques indiquées par les anciens observateurs, ou seulement des différences corrélatives soit de la réponse vibratoire intra-moléculaire — ce qui nous rapprocherait singulièrement de toutes les questions qu'a mises à l'ordre du jour le radium; soit simplement des pouvoirs absorbants — ce qui réduirait définitivement le problème de l'orthochromatisme à celui des spectres d'absorption, et ferait dépendre uniquement des valeurs de  $\lambda$  l'effet de la lumière sur toutes les substances, simplement différenciées les unes des autres par des coefficients numériques de sensibilité.

**Solarisation.** — Dès que les rayons du soleil atteignent directement la plaque, il suffit d'un temps extrêmement court pour que toute la convexité de la courbe soit parcourue et redescende de son maximum vers le minimum.

Toutes les valeurs, alors, se montrent *inversées*, et le phototype devient positif dans les parties corrélatives: d'où le nom de *solarisation* donné à l'état de la plaque correspondant à la partie descendante de la courbe fonctionnelle.

L'idée devait se présenter de suite, mais c'est en vain qu'on essaya de la rendre pratique, d'obtenir ainsi des *positifs directs*, dits encore *contre-types*, ou phototypes inversés en valeurs et non en positions, indispensables pour l'industrie des reproductions à la presse. Effectivement, quels résultats comparables pouvait-on obtenir en s'obstinant à recourir (2), au lieu des sources lumineuses facilement graduables et largement suffisantes des laboratoires, à l'aléatoire « lumière diffuse », dont le moindre nuage qui passe et la moindre fraction de seconde qui s'écoule suffisent à changer du tout au tout les effets?

D'ailleurs un coup d'œil au schéma (fig. 1) suffit à faire comprendre comment il n'est jamais possible de retrouver dans l'inversion la gamme véritable des valeurs dans son ordre de proportion, et presque impossible d'y retrouver, à la place des plus grands noirs, des blancs purs.

(1) Toutes ces considérations s'appliquent *a fortiori* à la phosphorescopie; nul doute que la durée d'exposition préalable de la surface sensible n'y joue un rôle aussi important, et aussi injustement négligé, que le *voilage* des expériences précitées. Il est à souhaiter qu'en ôtant à cet important facteur son caractère d'incertitude et en le ramenant strictement au rôle de constante d'expérience, on arrive, avec le procédé des expositions échelonnées, à donner aux très belles recherches d'E. BECQUEREL la formule synthétique précise qui paraît encore leur faire défaut.

(2) H. REED, *Contre-types par surexposition* (Bull. Soc. fr. de Photographie, 2<sup>e</sup> série, XVIII, p. 431; 1902).

**Les au-delà.** — D'après les expériences de MM. A. et L. LUMIÈRE (1), il semblait même que ce zéro ne pût jamais être atteint et que la courbe photographique (à vrai dire, très inexactement dessinée par eux) dût finir en parallèle à une petite distance de l'axe. Et quoique ces auteurs donnassent dès lors l'explication très simple de l'inversion que je n'ai fait que reproduire, ils mettaient sur le compte des particularités du développement le fait, cité par M. JANSSEN (2), qu'on obtient, en photographiant, pour des poses croissantes, le Soleil au ciel : 1° l'image négative ordinaire ; 2° un premier *état neutre*, la plaque devenant uniformément obscure sous l'action du révélateur ; 3° une image *positive* ; 4° un second *état neutre*, opposé au premier, et où la plaque devient uniformément claire sous l'action du révélateur ; 5° une deuxième *image négative*, semblable à l'image ordinaire, mais en différant par les états intermédiaires dont elle est séparée et par l'énorme différence d'intensité lumineuse qui est nécessaire pour l'obtenir ; 6° un troisième *état neutre* où l'image négative de deuxième ordre se trouve remplacée par une teinte sombre uniforme.

Les quatre premières phases de JANSSEN s'expliquaient très bien par la courbe Lumière, pourvu qu'on restreignît le sens d'*état neutre* à l'égalité des deux teintes, seules en jeu. De véritable « état neutre » il ne saurait y avoir rigoureusement pour plus de deux teintes, quoique pratiquement s'en rencontrent souvent les apparences sous le nom de *voile*. Mais y a-t-il vraiment une *deuxième image négative*, qui ne soit pas, comme le pensaient MM. LUMIÈRE, la simple fixation, avant développement (ou avec développement insuffisant), de l'image négative, qui est presque toujours directement observable *à sec*, sur la couche sensible solarisée ?

Les expériences de MM. LUMIÈRE paraissaient décisives, leur observation admissible, et ce fut en tablant sur cette donnée que je donnai moi-même à tout mon faisceau une allure finale parallèle à l'axe.

Cependant le souvenir me revenait de cas d'inversion où s'étaient montrées, à la place des noirs primitifs, des transparences au moins égales aux plus purs des négatifs ordinaires (3). Première présomption que la courbe fonctionnelle devait repasser au moins tout près du zéro.

D'autre part, je me rappelais avoir vu traîner dans les livres ce fait qu'il suffit d'exposer à l'action directe du soleil une plaque impressionnée, pour « effacer » l'impression et « régénérer » la surface, c'est-à-dire pour la remettre en état, soit de rester blanche au bain, soit de noircir à une exposition nouvelle. A la vérité, si la première alternative me paraissait naturelle, et simplement confirmative d'un zéro prolongé, la seconde, pourtant très nettement affirmée, de la « sensibilité resti-

(1) A. et L. LUMIÈRE, *les Phénomènes d'inversion de l'image photographique* (Bull. Soc. fr. de Photogr., série, IV, p. 209 ; 1888).

(2) JANSSEN, *Sur les transformations successives de l'image photographique par la prolongation de l'action lumineuse* (C. R. Ac. Sc., XCI, p. 199 ; 1880).

(3) M. P. VILLARD en projeta un de cette sorte à la séance de la Société de Physique du 2 décembre 1904. Et c'est précisément le désir d'arriver à régulariser ces faits d'heureux hasard, comme il n'est guère de praticien qui n'en ait observé, qui a servi de stimulant aux chercheurs dans cette voie, où cependant personne n'arriva jamais à justifier industriellement l'obtention des prix institués à ce sujet en maints concours.

tuée », me laissait sceptique, à la pensée qu'un petit instant d'exposition nouvelle pût produire un noircissement nouveau, alors que ce même instant, en plus ou en moins sur la durée, nullement précisée, de la pose d'« effacement », n'altérerait en rien le résultat contraire. Fallait-il donc, à la gélatine, un repos, pour se remettre de la secousse rénovatrice ?

Cependant M. P. VILLARD tout en déclarant (1) que « personne ne songerait à faire une photographie avec une plaque exposée à la lumière blanche jusqu'à solarisation complète », assurait quelques instants auparavant que, « pour le gélantino-bromure ou gélantino-chlorure d'argent, l'effet *destructeur* de la lumière jaune (qualifié de *continuation* pour d'autres substances moins sensibles) subsiste seul; après destruction, la plaque a recouvré presque intégralement sa sensibilité ». Puis « la plaque traitée par l'infra-rouge... est restaurée et recouvre sa sensibilité ». Et encore (2): « La sensibilité est si exactement restaurée qu'une comparaison très précise est nécessaire pour trouver une différence. »

Il est vrai qu'à propos de la première observation, M. P. VILLARD ajoutait : « L'analogie avec ce qui se passe pour les rayons X est complète. » Or c'est par la lumière *blanche*, et point jaune ou rouge, que M. VILLARD pratique l'*effacement* des rayons X (3); et il ajoute : « Le bromure ne revient pas complètement à son état initial : il a perdu complètement sa sensibilité ».

Malgré l'inévitable cortège de contradictions de toutes ces données fort imprécises, ne devaient-elles pas, par leur ensemble, et dès qu'on se détachait de la minutie des faits pour s'élever à un point de vue énergétique plus général, créer une présomption en faveur d'un au-delà du zéro de chute et d'une réascension des noirs ?

N'est-ce pas un article de foi pour les praticiens que, si un cliché solarisé n'est pas retiré du bain au moment précis de l'éclaircissement des noirs, ceux-ci *repartent*, pour se confondre tous à la longue, dans un voile opaque, le troisième *état neutre* (deuxième *noir*) de M. JANSSEN ?

Un autre fait, remarqué par M. STEHELIN-SCHUEURER et dont j'avais eu connaissance par la communication manuscrite des notes d'un travail de recherches expérimentales sur les *contre-types photographiques*, présenté à la *Société industrielle de Mulhouse* en 1901, aurait dû depuis longtemps m'éclairer, si une certaine amphibologie des termes de « positif » et « négatif » ne m'avait empêché d'en saisir la portée. Si, disait cet observateur, on est presque sûr (sur plaque Saint-Clair), à partir de deux secondes et jusqu'à cinq minutes d'exposition au soleil, d'obtenir un positif, « il y a, au delà, retour progressif à l'impression normale : pour soixante heures de plein soleil, le négatif est de nouveau franc... »

Cette constatation est des plus importantes, car, faite sur des clichés présentant

(1) *Séance de la Société française de Physique*, 2 décembre 1904.

(2) *Société française de Physique*, 16 décembre 1904.

(3) P. VILLARD, *Sur l'action chimique des rayons X* (C. R. Ac. Sc., t. CXXVIII, p. 237; 1899). — Bien entendu, ce qui semble une contradiction pour lui n'en est pas une pour nous qui ne faisons aucune différence, au point de vue « destructeur », entre les rayons jaunes agissant longtemps et les blancs agissant peu, que ce soit après d'autres rayons lumineux ou des rayons X.



un ensemble de valeurs diverses, quoique non graduées, elle échappait au vice de toutes les expériences basées sur la comparaison de deux valeurs seulement, susceptibles de redonner des états identiquement correspondants sans que rien ait donné l'avertissement d'un changement de signe de la dérivée (1).

J'ai retrouvé une observation analogue de M. C. BENNETT (*Brit. Journ. of Phot.*, 1878). Si, au lieu d'exposer une plaque à la chambre noire une seconde, par exemple, pour avoir un négatif, on l'expose une minute, « l'image se renverse au développement. Une exposition plus prolongée redonne un négatif; une plus longue, encore un positif. »

Enfin, dans un des mémoires les plus scientifiquement étudiés sur ces questions fondamentales (2), mais malheureusement presque introuvable, ignoré des meilleurs *Handbücher* allemands, et que je n'arrivai moi-même à pouvoir connaître, tout en sachant l'existence, que très tardivement, il est une courbe (3) qui, sans retoucher l'axe des  $x$  (mais ceci ne saurait étonner, car le zéro absolu de l'opacité, ou la transparence parfaite, serait certainement difficile à saisir, même sur une plaque vierge), montre un relèvement qui ne laisse plus guère de place au doute sur l'allure définitive de la courbe photographique.

**Expériences.** — Des expériences simples (4) devaient m'en fournir la confirmation. Au moyen de feuilles de papier blanc aussi homogènes que possible (5), chevauchant les unes sur les autres de centimètre en centimètre, je créais des

(1) Aussi l'auteur « ne comprend-il pas l'état neutre de M. JANSSEN, où la plaque serait uniformément claire à la révélation. Il y a toujours, dans les phases intermédiaires, des parties presque retournées, alors que d'autres ne font que commencer; les unes franchement positives, les autres franchement négatives ». De fait, même avec deux valeurs seulement, il n'est possible d'obtenir l'uniformité (dite état neutre) qu'en grisaille claire, ce qui explique que ni M. JANSSEN ni MM. LUMIÈRE ne parlent d'un retour au zéro, jamais réalisable strictement que pour une seule valeur à la fois, et, peut-être même (quoique, en soi, peu vraisemblable) pour une seule valeur d'élection parmi toutes.

(2) H. BOUSSE, *Etude des actions photographiques* (*Ann. Fac. Sc. de Toulouse*, VIII F, 1894).

(3) P. 26, fig. 12.

(4) Le procédé simple, comme il est ordinaire, fit suite aux compliqués. Ne parlant que pour mémoire d'une série d'expériences faites en tendant sur le mur d'une chambre noire plusieurs longueurs de pellicules sensibles, progressivement exposées, par le relèvement de caches, à l'action d'une flamme linéaire de bec étalon Giroux, agissant, d'une extrémité à l'autre, en raison inverse du carré des distances, — je m'astreignais d'abord à découvrir graduellement, à la main, la pellicule enfermée dans un châssis dit négatif; mais l'étanchéité d'où dépend la netteté des lignes de séparation est toujours difficile à réaliser au soleil, le procédé restant bon pour l'étude des petites valeurs. Je substituai alors au châssis des sortes de gaines-enveloppes en papier noir, d'où la pellicule, doublée d'un carton noir et serrée par des bracelets de caoutchouc contre une bande de velours collée sur un verre de même dimension, se retirait progressivement à la main; mais il faut de grosses épaisseurs de papier noir pour résister aux grandes intensités lumineuses. Et comme l'estimation des temps de pose, lorsque la source lumineuse est essentiellement variable, perd toute signification, il me parut préférable de graduer les intensités indépendamment des variations de la source, en agissant, au moyen de caches fixes, sur la somme totalisée de l'action lumineuse. Les deux procédés sont cependant nettement distincts et devraient, avec des sources étalonnées, être employés séparément: le premier donnant, toutes autres conditions égales, le diagramme des variations du noir avec les temps de pose, l'autre, à temps égaux, pour des intensités diverses.

(5) Poids du papier, 0<sup>er</sup>,96 au décimètre carré.

caches translucides à échelons, capables de donner, sur format  $9 \times 12$ , une série graduée de 10 valeurs dans un sens, 7 dans l'autre, en plus des bandes d'impression maximale (à découvert) ou minimale (sous écran opaque). En croisant orthogonalement deux caches de ce genre, on obtient une série de carrés répartis en bandes à  $45^\circ$ , représentant toutes les valeurs correspondantes des épaisseurs de cache de 1 à 17, ou généralement de 1 à  $(m-2) + (n-2)$ , si  $m$  et  $n$  sont les côtés de la plaque. Si l'on ne tient pas à voir se répéter, pour le contrôle, la même valeur, et que l'on préfère allonger l'échelle, il suffira de surcharger l'ensemble de la cache  $(m-2)$  de  $(n-2)$  feuillets, en supposant  $n > m$ , pour avoir une série complète de 1 à  $(2n+m-6)$ , soit 27 pour le format  $9 \times 12$  ou 43 pour  $13 \times 18$ . Entre ces chiffres extrêmes, qui peuvent avoir l'inconvénient de rendre difficile, à cause de l'exagération du relief (1), d'éviter au châssis-presse de mauvais contacts et des ombres portées, il y a suffisamment de latitude pour permettre, sans mesures rigoureuses (2), mais pour toutes durées d'exposition, depuis les plus brèves jusqu'aux plus longues, le tracé de courbes figuratives par la simple corrélation du noircissement et des épaisseurs de la cache.

Et quoique nous n'ayons pu nous livrer encore systématiquement au travail de récolement du très grand nombre d'épreuves exécutées, et que nous soyons loin d'avoir obtenu du soleil du Midi tout ce qu'avec l'été il pourra donner, nous ne craignons pas d'affirmer, d'après ce que nous a déjà fourni le pâle ciel d'hiver de Paris, l'existence certaine d'un relèvement de la courbe des noircissements après une chute très voisine de zéro (3), et la très probable existence d'une seconde descente, après un second maximum, vraisemblablement moins élevé que le premier. Aller plus loin n'est pas permis pour le moment. Mais il paraîtra certainement intéressant de voir ainsi justifier après coup le tracé à double ondulation par lequel VOGEL (4) nous avait paru, d'abord, avoir un peu témérairement généralisé le simple énoncé de faits, interprétables encore autrement, qu'avait formulé M. JANSSEN, et dépassé la pensée même de cet auteur en ajoutant à son deuxième maximum un deuxième minimum.

(Extrait du *Journal de Physique*, livraison de mai 1905).

(1) Il y aurait tout intérêt, à un moment donné, à substituer aux  $n-2$  épaisseurs de papier l'opacité, estimée aussi rigoureusement équivalente que possible, d'un papier photographique mince, noirci uniformément ou par échelons.

(2) C'est la difficulté de ces mesures d'opacité qui a limité à un espace relativement restreint les très intéressantes tentatives des trop rares observateurs qui se sont, avant M. BOUSSE, attachés à ce sujet, pourtant primordial, depuis BUNSEN et ROSCOE (1862), ABNEY (1877), STOLZE (1883), TRYER EVANS (1887), jusqu'à MIETHE, MICHALKE, HURTER et DRIFFIELD (1890), encore ABNEY (1893), etc.

(3) Chute beaucoup plus prompte qu'on ne pourrait croire. En moins d'une heure on l'obtient, sur vitrose Lumière, avec un éclairage de 2000 lux (bec acétylène de 20 pyrs à 10 centimètres); et une seule minute à la lumière du jour, même pâle, arrive à la faire dépasser sur Kodoid Eastman. Ces dernières pellicules, à cause de leur minceur, qui réduit au minimum les effets dits de *halo*, seraient de beaucoup les plus propices pour ce genre d'expériences, si leur orthochromatisation, qui donne, dans le spectre, deux maxima, dont un principal dans le rouge, n'était de nature à fausser des résultats d'un caractère général.

(4) H.-W. VOGEL, *Das Licht im Dienste der Photographie (Handbuch der Phot., p. 80, fig. 27; 1894)*.



# SUR LES ACTIONS CHIMIQUES DE LA LUMIÈRE

(Réponse à l'article de M. A. GUÉBHARD)

PAR M. P. VILLARD

Dans un article paru au numéro de mai du *Journal de Physique* (1), M.-A. GUÉBHARD a donné un exposé très péremptoire d'une théorie générale qui prétend expliquer tous les phénomènes photographiques. Je crois nécessaire, à ce sujet, de rectifier les assertions « extraordinaires » et « contradictoires » qu'a bien voulu me prêter M. GUÉBHARD et rétablir l'exactitude des faits que j'avais exposés devant la Société de Physique.

On lit, en effet (p. 338) :

« De là les contradictions qui surgissent dès les premières observations faites par DAGUERRE lui-même, par CLAUDET, LEREBOURG et SÉCRÉTAN, E. BECQUEREL, etc..., et, en dernier lieu, par M. P. VILLARD (2), sur l'action dite tantôt *continuatrice* et tantôt *destructrice* des verres rouges ou jaunes... »

Et, p. 344 :

« Cependant, M. P. VILLARD assurait que l'effet *destructeur* (de la lumière jaune, qualifié de *continuation* pour d'autres substances moins sensibles) subsiste seul. »

J'avouerais volontiers m'être exprimé d'une façon tout à fait inintelligible, si je ne supposais pas qu'il est arrivé ici quelque chose d'analogue à ce qui s'est passé dans une circonstance semblable : j'avais montré et décrit (le procès-verbal est exact à ce sujet) un silhouettage blanc, et M. GUÉBHARD a expliqué peu de temps après ce phénomène comme étant un silhouettage noir, plus conforme aux prévisions de la « fonction photographique » (3).

Voici exactement ce que j'ai dit (ou du moins voulu dire) :

J'ai fait d'abord de nombreuses expériences avec des verres colorés, les résultats ont été contrôlés et précisés ensuite au spectroscope (4). Voici en quoi ils consistent :

(1) *Journal de Physique*, 4<sup>e</sup> série, t. IV, p. 334.

(2) *Soc. fr. de phys.*, 2 et 16 décembre 1904.

(3) L'explication du silhouettage blanc, ultérieurement donnée par le même auteur, est absolument contraire aux faits.

(4) Ces résultats sont rigoureusement d'accord, jusque dans les détails, avec ceux qu'ont publiés des observateurs tels que DRAPER, FIZEAU et FOUCAULT, Ed. BECQUEREL.

Le texte que j'ai publié est d'ailleurs le suivant : « L'effet continuateur est très intense dans le vert et le jaune moyen : il cesse un peu au delà de D dans l'orangé. Dans le rouge apparaît un autre phénomène plus général, celui de la destruction de l'image », et quelques lignes plus loin : « Avec les plaques au gélatino-bromure ou gélatino-chlorure d'argent l'effet destructeur subsiste seul... Pour le chlorure d'argent la destruction commence vers D et se prolonge bien au delà de A, jusque vers  $\lambda = 900$ . »

M. GUÉBHARD a sans doute oublié de lire ces indications.

**1. Papiers à noircissement direct — non développés.** — Après une impression préalable produisant une grisaille à peine visible, ou même au-dessous de cette valeur, le papier soumis à l'action d'un spectre donne immédiatement la continuation dans le jaune (maximum entre D et E du spectre solaire), tandis qu'une bande témoin sans impression préalable ne donne rigoureusement rien, même dans un temps triple ou quadruple. Le phénomène disparaît si on supprime l'azotate d'argent en excès.

Si l'impression préalable est telle que le papier soit bien visiblement teinté, on constate de plus dans l'extrême rouge et au delà (maximum d'action sur A du spectre) un blanchissement complet du papier *sans l'aide d'aucun développement ou lavage* (1). Ce phénomène n'est sans doute pas compris dans ceux qu'explique la fonction photographique.

(1) M. GUÉBHARD affirme (p. 344, en note) que du blanc produirait les mêmes effets. Il est regrettable que M. GUÉBHARD n'ait pas publié d'expériences à ce sujet, car elles seraient fort intéressantes.

Mais, en physique, il ne suffit pas d'affirmer et si M. GUÉBHARD veut qu'il subsiste de son affirmation autre chose que le ton d'assurance sur lequel elle est faite, il lui faudra reproduire, avec du blanc, des épreuves semblables à celles que j'ai montrées (ces épreuves seront publiées prochainement), et obtenir les mêmes effets, sans exception.

Pour la continuation, l'expérience est des plus faciles, l'impression préalable pouvant varier dans des limites extrêmement étendues (depuis  $1/10$  de la pose donnant un noircissement visible jusqu'à celle pour laquelle il ne resterait rien à ajouter à l'image). Une image faiblement visible convient très bien et, le cliché sous lequel a été faite l'impression (ou l'objectif) étant supprimé, et la lumière continuatrice agissant uniformément sur tout le papier l'image doit arriver à l'intensité d'une épreuve ordinaire, les blancs restant purs. Bien entendu, puisqu'il est question des *mêmes effets*, ce noircissement de continuation ne doit pas avoir lieu si l'azotate d'argent du papier est supprimé (j'en ai montré plusieurs exemples); on ne doit pas obtenir non plus de continuation par noircissement direct sur gélatinobromure.

Pour la destruction, les limites de l'impression préalable sont plus serrées; on ne doit pas dépasser une image faiblement visible; sur papier salé ou albuminé ordinaire, la lumière destructrice doit produire le retour progressif au blanc *à sec*.

La même impression préalable convient pour les deux expériences; je les ai faites simultanément en recevant un spectre pur sur un papier dont une bande avait été voilée visiblement. J'ai obtenu constamment le retour au blanc autour de A solaire et une continuation intense dans le jaune et le vert.

Ces effets sont absolument indépendants de l'intensité de la lumière (soleil ou lampe Nernst), cette intensité n'influant que sur la *durée* de l'expérience.

Il est loisible à M. GUÉBHARD de reproduire ces résultats en partant aussi d'une même exposition préalable et remplaçant simplement le spectre par de la lumière blanche. Les résultats devant, sauf pour la durée de l'expérience, être, comme il est dit plus haut, indépendants de l'intensité, rien n'empêchera de prendre la même lumière blanche pour les deux phénomènes.

Il serait certainement fort paradoxal qu'un même éclaircissement blanc, agissant sur un même voile, produise du noir dans un endroit, du blanc dans un autre, et je suis surpris que M. GUÉBHARD n'ait pas été tenté d'essayer une expérience aussi singulière et qui ne demande que peu d'heures, ne serait-ce que pour voir la lumière blanche blanchir du papier sensible sans l'aide d'aucun réactif, développeur ou fixateur.

Il n'est pas question de discuter l'explication des phénomènes ou le nom qui leur convient: il y a là des faits, des résultats qui, s'ils ne sont pas obtenus identiques, dans les

## II. Plaques au gélatino-chlorure — avec développement alcalin. —

L'absence complète de tout sel d'argent soluble dans ces plaques supprime tout effet continuateur (1); mais, si on reçoit un spectre sur la plaque préalablement impressionnée (2), et qu'on développe au bout d'un temps d'exposition que l'on fera varier depuis quelques minutes jusqu'à une limite supérieure *ad libitum*, on constate que l'impression préalable est progressivement détruite dans le rouge extrême (autour de A solaire) et dans l'infra-rouge jusque vers  $\lambda = 920$ . La *sensibilité est complètement rétablie* (3). Dans l'orangé, le jaune, le vert et les autres couleurs, il y a simplement une impression ordinaire plus ou moins forte. Cette impression ne dépasse pas la raie du lithium ( $\lambda = 670$ ), au delà, on n'observe que de la destruction.

Si l'on veut obtenir la destruction sur une surface étendue, le spectroscope est impraticable et il faut se contenter de verres jaunes (verres jaunes plaqués à l'argent et choisis avec soin). Ces verres sont très transparents pour le rouge extrême et on arrive ainsi à réussir l'expérience malgré la présence du jaune, dont l'action très faible sur le chlorure d'argent est largement compensée par celle du rouge, comme dans l'expérience indiquée plus loin. On peut de cette manière effacer réellement une exposition normale, puis employer de nouveau la plaque pour faire un autre cliché, exactement comme une plaque neuve. L'expérience est assez facile à réaliser avec le gélatinochlorure Perron pour tons chauds.

Le « procédé courant d'effaçage au soleil » dont parle M. GUÉBHARD, procédé

conditions annoncées, condamneront nécessairement la théorie que M. GUÉBHARD prétend non pas exposer, mais imposer.

Il ne faut pas oublier que MOLIERE a depuis longtemps montré la supériorité du fait sur la « raison démonstrative ».

(1) Mais, avec les plaques à grain très fin, on obtient cet effet en les imbibant d'azotate d'argent, ou même simplement en les plongeant dans l'eau contenant une trace d'ammoniaque qui dissout un peu du chlorure de la plaque.

(2) Cette impression préalable pourra être la pose normale donnant un bon cliché avec les plaques employées, ou une pose inférieure autant qu'on voudra, ou encore une pose légèrement supérieure, sans atteindre la solarisation. Avec une pose très courte, la destruction s'observe facilement en vingt minutes, dans un spectroscope éclairé par une forte lampe Nernst.

(3) M. GUÉBHARD revient à plusieurs reprises sur ce phénomène, l'expliquant d'abord par une « reconstitution du violet », chose assez difficile à comprendre, surtout quand on emploie du rouge pur. Plus loin le même auteur trouve un arrangement commode : il suppose que l'impression à effacer est très faible, et qu'après la destruction on fait intervenir « des énergies nouvelles, grandes par rapport aux précédentes ». Or, la première pose du cliché que j'ai montré était normale, n'en jugerait-on que par l'aspect très détaillé de l'épreuve présentée et que M. GUÉBHARD a pu voir projetée (épreuve stéréoscopique dont une moitié avait été conservée comme témoin, l'autre ayant été soumise à la destruction puis ayant été, sauf une bande réservée, utilisée pour montrer le retour à la sensibilité). La seconde épreuve, faite après effaçage, était faite avec la *même pose* que la première. J'ai dit en outre qu'une comparaison très précise était nécessaire pour trouver une différence avant et après destruction ; le mot comparaison signifie en physique identité de conditions, avec plaques témoins dans le cas présent et impressions simultanées pour être sûr de leur identité.

C'est encore une expérience que M. GUÉBHARD considère comme très facile à faire en lumière blanche, mais qu'il n'a cependant pas réalisée.

qui n'a toutefois pas encore permis à cet auteur de refaire une épreuve à pose normale sur plaque ainsi traitée, est l'équivalent de celui qui consisterait à effacer un dessin en versant une bouteille d'encre dessus. Je ne conteste pas que cela ne suffise pour faire disparaître le dessin, mais je doute fort que cela donne des blancs purs.

**III. Gélantino-bromure — développement alcalin.** — Le gélantino-bromure est beaucoup plus sensible que le chlorure, et sa sensibilité va un peu au delà de la raie du lithium, jusque vers B solaire. Au delà, on retrouve le phénomène de destruction précédent.

Bien entendu il faut, surtout avec le gélantino-bromure, atténuer le plus possible la lumière diffusée par le spectroscope et même mettre un verre jaune devant la fente pour supprimer la partie du spectre inutile à l'expérience (bleu et violet).

Ce qui se passe sous les verres colorés est alors facile à prévoir :

Avec les verres jaunes, on a non pas de jaune monochromatique, comme semble l'admettre M. GUÉBHARD, mais toute la partie du spectre comprenant l'infra-rouge, le rouge, l'orangé, le jaune et le jaune vert. Si c'est un papier à azotate d'argent qu'on expose sous ces verres après une légère impression préalable, l'effet continuateur étant le plus rapide (c'est facile à voir au spectroscope), la continuation a le temps de se manifester avant la destruction de l'image latente par le rouge ; mais le résultat devient beaucoup meilleur si on ajoute un verre vert (1) (j'avais insisté sur ce point) ; au contraire l'addition d'un verre rouge faible (2), qui atténue le jaune, rend l'effet continuateur moins marqué, sans cependant le supprimer ; si le verre rouge est très foncé, et surtout si on le double d'un verre bleu, on n'observe plus que la destruction, moins rapide toutefois qu'au spectroscope, parce que le verre rouge a son maximum de transparence dans le rouge orangé et affaiblit l'infra-rouge.

Il n'y a là aucune contradiction. Il n'y en a pas davantage dans le cas du gélantino-chlorure. Sous des verres jaunes qu'on doit superposer en nombre suffisant pour supprimer presque complètement le vert, la plaque est soumise à toutes les radiations, de l'infra-rouge au vert. Comme, en l'absence d'azotate d'argent, il n'y a aucun effet continuateur par le jaune, il ne subsiste que la destruction par le rouge extrême, et l'impression actinique produite par le jaune, impression très faible sur le gélantino-chlorure, et largement compensée par l'action du rouge. Il y a donc destruction de l'image préalable et rien de plus. L'addition d'un verre rouge serait inutile : elle ne donnerait pas plus de rouge que n'en laisse passer le verre jaune ; bien au contraire, le verre rouge arrêterait l'infra-rouge plus que ne le fait le verre jaune.

Ainsi, dans cette expérience, on observe uniquement de la destruction produite non pas par du jaune, comme l'admet M. GUÉBHARD, mais par le *rouge extrême qui a traversé les verres jaunes*, ce que le spectroscope vérifie facilement.

La possibilité de détruire une impression à mesure qu'elle se produit est une

(1) Edm. BECQUEREL fixait entre D et E le maximum d'effet continuateur et non tantôt dans le rouge, tantôt dans le jaune, comme l'admet M. GUÉBHARD.

(2) Les verres rouges laissent passer un peu de bleu ; il est nécessaire de les doubler d'un verre jaune, à moins qu'ils ne soient très foncés (*J. de Phys.*, 4<sup>e</sup> série, f. IV, septembre 1905).



conséquence naturelle de ce qui précède et rappelle une expérience d'Ed. BECQUEREL facile à répéter avec le gélatino-chlorure d'argent (et même avec le gélatino-bromure). Il suffit de prendre une plaque non impressionnée et de l'exposer à un spectre dont, au besoin, on atténuera un peu le bleu par un faible verre jaune. La lumière diffusée dans l'appareil voile toute la plaque; mais, dans le rouge extrême, ce voile est constamment détruit et la plaque reste absolument intacte dans cette région, indépendamment du temps de pose, qui *peut être absolument quelconque* (1).

Voilà donc la superposition de deux impressions qui donne rigoureusement *zéro quel que soit le temps de pose*, ce qui est en opposition formelle avec les interprétations de M. GUÉBHARD.

Quant au gélatino-bromure, je n'ai jamais dit qu'on pouvait avec lui observer la destruction sous des verres jaunes. J'ai dit au contraire qu'aucun verre coloré ne pouvait convenir, vu qu'aucun ne laisse passer exclusivement l'extrême rouge. C'est seulement au spectroscope que l'expérience peut être faite, et elle est alors très facile à réaliser.

M. GUÉBHARD trouve également contradictoire que la plaque recouvre après destruction sa sensibilité, sous prétexte qu'après destruction de l'action des rayons X par la lumière blanche elle ne la recouvre pas.

Le cliché que j'ai montré à cette occasion (*Soc. de Physique, 16 décembre 1904*) n'existerait-il pas? Il y a simplement là un raisonnement incorrect : une plaque impressionnée par la lumière bleue ou violette recouvre sa sensibilité *pour cette lumière* par le traitement à la lumière rouge; tout ce qu'on pourrait demander à la plaque soumise aux rayons X, puis à la lumière blanche, serait de recouvrer sa sensibilité *pour les rayons X* et non pas pour la lumière destructrice. Or, ce n'est pas loin d'être exact : on peut faire une bonne radiographie négative avec une plaque Jougla traitée : d'abord pendant deux minutes par les rayons X; puis pendant trente secondes par la lumière directe d'une fenêtre.

Rien n'oblige d'ailleurs à déduire l'impression par de la lumière blanche (2), qui n'est pas une couleur; on peut se contenter de prendre le rouge extrême comme pour la lumière : j'ai montré qu'avec les rayons X la destruction s'étend aussi dans l'infra-rouge. On évitera ainsi la modification que le violet et le bleu font subir au bromure, puisqu'on emploiera une lumière inactinique (3).

(1) C'est encore un résultat que M. GUÉBHARD a transformé en parlant d'une grisaille *en voie d'ascension*. Il n'y a ni grisaille ni quoi que ce soit de semblable, mais bien du blanc aussi pur que sur une plaque témoin sortant de la boîte.

(2) A ce sujet M. GUÉBHARD, rappelant mon expérience de photographie au travers de papiers noirs, sur plaque Röntgenisée, dit : « ...Il ne l'impute pas à autre chose qu'à l'action destructive de l'infra-rouge, quoique cette action eût été par lui-même, antérieurement, attribuée à la lumière blanche tout entière ». Je n'ai pas *attribué* le phénomène à l'action de l'infra-rouge, je l'ai *constaté* en me servant d'un spectroscope, et, sauf pour M. GUÉBHARD qui pense sans doute que l'infra-rouge est étranger à la lumière blanche, il n'y a aucune contradiction dans le fait d'obtenir la destruction soit par toutes les couleurs réunies (lumière blanche), soit par l'une d'elles seulement, infra-rouge ou autre.

(3) J'ai publié dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* des spectres de destruction complets, comparativement à un spectre de solarisation.



En ce qui concerne la théorie de M. GUÉBIARD, je dirai simplement qu'elle ne saurait prétendre à l'explication d'expériences que, de son propre aveu, M. GUÉBIARD a reconnu n'avoir pas répétées. Cet auteur a, par exemple, confondu la continuation avec le phénomène assez explicable de la pose en deux temps avec des lumières actiniques ; si, par exemple, une plaque sensible exige à une certaine lumière dix secondes de pose pour donner un commencement d'action, en exposant une partie de la plaque pendant cinq à six secondes seulement, puis la totalité à un voile de même durée, on n'aura d'image que là où les deux impressions sont superposées pour dépasser le seuil de dix secondes. Cette expérience réussit avec toutes les surfaces sensibles, avec toutes les lumières actiniques et avec ces dernières seulement. Elle permet de faire apparaître une image avec une pose réduite à la moitié ou au tiers du seuil. C'est peu de chose comparé à l'effet continuateur, qui équivaut à multiplier la pose par 500 ou 600, puisque c'est un véritable développement.

Quant aux épreuves si transparentes obtenues avec l'aide des rayons X, épreuves que M. GUÉBIARD considère comme accidentelles, et dues à un « heureux hasard » (ce qui n'est pas un argument), il est extraordinaire qu'après avoir fait tant et de si méthodiques expériences sur la solarisation, l'auteur précédent n'ait jamais pu obtenir cet heureux hasard que j'ai si souvent rencontré. M. GUÉBIARD pourrait-il dire combien il faut de clichés pour que le résultat cesse d'être « accidentel » (1) ?

Dans un autre article, je montrerai que la théorie de la fonction photographique repose uniquement sur des erreurs d'interprétation.

(1) Je ne saurais passer sous silence le singulier argument, d'ailleurs mal fondé, donné par M. GUÉBIARD (p. 343, en note). J'avoue qu'il me paraîtrait excessif de solliciter un prix important pour un procédé qui exige trente secondes de pose.

(Extrait du *Journal de Physique*, septembre 1905).

# SUR LES PHÉNOMÈNES PSEUDO-PHOTOGRAPHIQUES

Par M. P. VILLARD (1)

---

M. P. VILLARD s'exprime en ces termes :

Je me suis proposé de rechercher ce qu'il y avait de fondé dans la théorie au moyen de laquelle M. GUÉBIARD explique les résultats qu'il m'a prêtés (2). La lecture des nombreux exposés de cet auteur n'est pas sans intérêt : le langage et les expressions du voisin y sont traités de « logomachie » ou de « vocables no-cifs » ; ses expériences et ses conclusions sont « quelconques » et il est entendu qu'il n'opère qu'« inconsidérément » et « sans mesure ». Ailleurs M. GUÉBIARD appelle cela « traduire en parler simple la pompe des jargons spéciaux » et emprunte à la traction des véhicules des comparaisons pittoresques qu'il qualifie lui-même de « vulgaires » et qu'on est tenté de rapprocher de la phrase suivante : « ... digne d'enrichir la jolie collection d'images verbales dont nous avons vu se payer complaisamment maints autres auteurs ».

Dans cette thèse contre les continuateurs M. GUÉBIARD reconnaît d'ailleurs n'avoir répété aucune des expériences qu'il explique : on s'en doutait un peu, mais la raison de cette abstention vaut la peine d'être citée : c'est, dit-il, qu'« il risquerait fort de se heurter à des résultats contraires... »

Ce procédé charitable ne va pas sans quelque intolérance ; on est fort malmené si l'on parle d'image latente (3) et, à propos du silhouettage nécessairement réclamé par la « fonction photographique » ; l'auteur en question s'élève avec véhémence contre « ceux qui, sous le couvert de simples contradictions verbales, prétendaient l'y soustraire » (4).

(1) *Société française de Physique*, séance du 5 janvier 1906.

(2) J'ai rectifié les faits principaux dans le *Journal de Physique*. Je me bornerai à dire ici qu'aucun n'a été exactement rapporté par M. GUÉBIARD (destruction par le rouge, avec descente progressive au blanc peu transformée en lente montée des noirs qui exige, d'après le même auteur, un grand nombre d'heures de plein soleil au lieu de quelques minutes d'exposition dans un spectroscope ; expérience comparative, donc à poses identiques, pour le retour à la sensibilité initiale, transformée en deux poses, l'une faible, l'autre très forte, etc.).

Il serait désirable que M. GUÉBIARD fit connaître en détail le « procédé courant d'effacement des images au Soleil » qui rendrait les plus grands services et que je ne suis sans doute pas seul à « vouloir ignorer ». Ce serait particulièrement intéressant pour les papiers à noircissement direct sans développement.

(3) Il est regrettable que M. GUÉBIARD n'ait pas fait connaître les expériences au moyen desquelles il a résolu le problème de l'image latente.

(4) La contradiction dont il s'agit a été créée par M. GUÉBIARD lui-même qui avait décrit une ligne noire là où était une ligne claire, et a donné ensuite une interprétation qui n'est pas davantage conforme aux faits comme on le verra plus loin.

Ce n'est pas seulement le silhouettage que revendique M. GUÉBIARD ; le renversement des raies du spectre, les doublets et triplets (phénomène de Zeemann?), certaines images solaires (couronne?) et même le ligament noir du passage de Vénus.

Les expériences sur lesquelles se fonde toute cette théorie mathématique de la photographie sont d'ailleurs peu variées : elles se réduisent à l'inversion par développement lent prolongé, et à de nombreux essais de surexposition en lumière blanche. Aucune valeur numérique n'est indiquée pour la courbe représentative de l'impression en fonction de la pose, courbe qui est simplement donnée comme « schéma symbolique ». Dans ses récentes recherches sur ce sujet, M. GUÉBIARD manifeste une prudence d'interprétation (1) qui fait espérer que, quand cet auteur aura réalisé les expériences (encore en projet) sur les diverses couleurs, il sera moins affirmatif sur leurs propriétés.

J'ai donc examiné les deux faits suivants : 1° relèvement des noirs par exposition très prolongée ; 2° inversion par développement de longue durée.

**I. Relèvement des noirs par exposition prolongée.** — MM. LUMIÈRE avaient expliqué ce fait par l'addition du noircissement direct à l'effet du développement. Comme le noircissement direct va toujours en croissant, il ne peut, en effet, que relever les noirs et l'explication est très satisfaisante. M. GUÉBIARD n'a pu opposer aucun fait à cette manière de voir ; je puis en signaler un qui la confirme : les pellicules *Eastman*, avec lesquelles le relèvement des noirs est bien plus rapide que sur plaques Lumière, donnent précisément un noircissement direct beaucoup plus rapide aussi que ces dernières, ce qu'il est facile de vérifier par comparaison (projection).

**II. Inversion par développement prolongé.** — M. GUÉBIARD a érigé en « loi générale du développement forcé » un phénomène qu'on observe avec certains bains, moyennant une durée qui peut atteindre une semaine, et seulement avec des clichés dont une partie au moins est très sous-exposée. Ce phénomène consiste dans l'inversion de l'image, comme par solarisation. Suivant le même auteur, le révélateur pourrait ainsi compenser, jusqu'à inversion, le défaut de pose, et l'on pourrait toujours avoir

Action physique (Lumière) + action chimique (bain) = constante.

Si cela était exact, en augmentant la pose on faciliterait évidemment l'inversion. C'est le contraire qui a lieu (2).

MM. LUMIÈRE ont signalé la possibilité d'expliquer le fait par le voile dichroïque. Cette manière de voir est en effet exacte.

Un cliché sous-exposé étant mis dans un bain dilué (3) se développe d'abord,

(1) *Comptes-rendus*, t. CXXI, 1903, p. 539. Il est question dans cette Note de deux maxima ; est-ce le premier et le second, ou le second et un troisième, l'auteur fait toutes réserves à ce sujet.

(2) D'après les observations mêmes de M. GUÉBIARD.

(3) Par exemple, métoquinone et sulfite de soude.

puis s'inverse peu à peu ; il faut une vingtaine d'heures au moins pour avoir l'inversion complète. Il s'est donc formé une image positive qui, peu à peu, a imposé son signe à l'ensemble de l'épreuve.

En même temps, le cliché se fixe complètement (par dissolution du bromure d'argent dans le sulfite de soude) ; ce fixage produisant avant achèvement de l'inversion, il en résulte que l'image positive formée n'est pas l'effet d'un développement réel, puisque le bromure d'argent a disparu, et avec lui l'impression lumineuse. On ne peut donc attribuer l'inversion qu'au bain d'argenture formé par le bromure d'argent dissous et le réducteur, bain qui se manifeste par l'argenture plus ou moins sulfurée de la cuve et par un dépôt d'argent, voire de soufre, qui trouble le liquide. Tout ce qui facilite la formation du bain d'argenture (dose plus forte de sulfite de soude, addition de plusieurs plaques dans la cuve), accélère l'inversion et accentue les effets accessoires (dépôt d'argent, etc.).

Or le voile dichroïque est également dû à la présence simultanée d'argent dissous et de réducteur (fixateur ayant servi plusieurs fois, fixage sans lavage préalable, surtout avec la pyrocatéchine ou la métoquinone, ou *immersion dans le révélateur du cliché sortant du fixateur*). Ce voile, jaune par transparence, présente en outre la très remarquable propriété d'être non pas uniforme, mais en raison inverse de l'intensité des diverses parties du négatif. C'est un positif, et, comme tel, il est maximum dans les grandes transparences des clichés sous-exposés.

Il en est de même dans l'expérience en question. Les parties les moins impressionnées (particulièrement les bords de la plaque cachés par le châssis) s'inversent les premières. On vérifie que la lumière n'est pour rien dans ce noircissement en constituant un cliché avec une plaque coupée en deux, l'une des moitiés étant seule exposée. Ce cliché spécial s'inverse mieux que tout autre. L'action physique (lumière) ne joue donc ici aucun rôle, et on en a la preuve immédiate en prenant un vieux cliché à blancs purs, faible de préférence pour mieux voir l'inversion, et l'immergeant dans un bain de métoquinone additionné de bromure d'argent dissous dans le sulfite de soude. Peu à peu le voile dichroïque se forme, commençant par les fortes transparences du cliché, envahissant (difficilement) les demi-teintes à mesure qu'il devient plus intense, et l'inversion a enfin lieu, l'image positive fournie dépassant en intensité le négatif. Suivant la concentration du bain et surtout sa teneur en argent, l'expérience dure de 10 minutes à plusieurs jours.

On peut également imprégner le cliché d'un sel d'argent (sulfite, chlorure, bromure, dissous dans le sulfite ou l'hyposulfite de soude, ou simplement azotate d'argent), puis faire agir un révélateur : on obtient l'inversion en quelques instants (l'expérience est faite devant la Société).

On observe en même temps des dépôts d'argent métallique et l'aspect spécial des clichés inversés par développement prolongé (teinte blanchâtre du positif surajouté, ce qui donne à l'épreuve l'aspect négatif par réflexion).

Ainsi la lumière n'est pour rien dans cette inversion, et la sous-exposition sert uniquement à fournir les grandes transparences favorables au dépôt ultérieur de l'argent, comme pour le voile dichroïque.

Ce dépôt d'argent est à grain très fin (bleuâtre, violet, bistre ou rouge). Il est



manifestement exclu des régions de la gélatine où il y a une image (le négatif) de développement ordinaire à gros grain. Nombre d'expériences semblent indiquer qu'en général des particules très fines en voie de formation sont exclues par un dépôt préexistant à gros grain et attirées par un dépôt à grain fin, soit par action directe, soit par modification des propriétés du milieu, c'est-à-dire de la gélatine.

Ainsi un dépôt d'or réduit (or rose), formé dans une région d'une plaque de gélatine, constitue une image qui, loin de s'inverser dans les bains d'argenture précédents, s'y renforce par addition d'argent et c'est uniquement sur l'or que l'argent se dépose.

Une image de noircissement direct, sur papier salé ou plaques photographiques, surtout à grain fin, fixée (ou non) attire le dépôt d'argent ou un dépôt d'or. Une image de solarisation (aspect blanchâtre de l'argent à grain fin) se comporte de même.

Un très léger voile d'oxalate calcaire (acide oxalique, puis eau ordinaire) attire l'or réduit par certains réducteurs (oxalate de potasse).

L'expérience suivante, tout à fait singulière, montre qu'il s'agit ici non de photographie, mais de mécanique des petites particules : on détruit complètement, par le cyanure rouge et l'hyposulfite, un cliché quelconque : on le lave et, après séchage si l'on veut, on traite cette gélatine sans image par le bain de chlorure d'argent dissous dans le sulfite de soude et le révélateur à la métoquinone (étendu). Aussitôt le cliché détruit reparait (1), à peu près identique à ce qu'il était auparavant. On peut le détruire à nouveau et recommencer. La trace laissée dans la gélatine par l'image est presque indélébile.

On peut varier à l'infini ces expériences ; voici quelques exemples :

1° Négatif à blancs purs (cercle blanc sur fond noir ou gris par exemple) traité avant ou après fixage par le chlorure d'or (avec un peu d'acide oxalique), puis, au bout de quelques instants, par l'oxalate neutre de potasse (pas trop froid).

Il se forme une image positive d'or, presque toujours fortement miroitante sur le côté gélatine. Ce dépôt d'or est généralement bleu.

Même expérience en réduisant par le sulfate ferreux concentré à 20° ou 22° (il est préférable de fixer le cliché). La réduction est très rapide et il faut agiter vivement pour éviter les taches.

2° Même expérience avec le chloropalladite de potassium, qu'il suffit de verser sur le cliché avec un peu de formiate de soude ; miroir de palladium.

3° On peut aussi remplacer le chlorure d'or par le chloroplatinite de potassium

(1) En insistant, l'image négative revenue au ton primitif cesse de monter, comme si le grossissement du grain arrêta la précipitation de l'argent. Le bain continuant à réduire l'argent, le voile dichroïque se forme et il y a inversion, comme avec un négatif ordinaire.

Ces expériences expliquent parfaitement les inversions observées en essayant de renforcer les images sur collodion. C'est en effet une image de noircissement direct qu'on traite par un bain d'argenture. On a vu qu'une semblable image se renforce dans ces conditions. Mais elle ne peut condenser un poids indéfini d'argent : il y a saturation. Si alors on insiste pour essayer d'obtenir des détails dans les ombres, l'inversion se produira, précisément favorisée par les trop grandes transparences du cliché sous-exposé.



(avec acide oxalique), puis réduire par l'oxalate ferreux à 33°; on a une image positive en platine.

Dans ces expériences, l'image d'argent est nécessairement virée et ne peut être enlevée. Les procédés suivants permettent de la supprimer :

4° Le cliché est traité par le permanganate de potasse (additionné de persulfate d'ammoniaque de préférence), ce qui donne un négatif en hydrate manganique. On l'imprègne de chlorure d'or fortement acétique, puis on le plonge dans le sulfate ferreux tiède. L'image positive aurique se forme aussitôt. L'hydrate manganique disparaît en partie, on achève de l'enlever avec l'acide oxalique ou chlorhydrique (dilué), on a ainsi une véritable inversion.

5° Les plus beaux résultats s'obtiennent en transformant le négatif (1) en ferrocyanure d'argent ammoniacal (par le cyanure rouge à 2 %, additionné de *très peu* d'ammoniaque); ce corps oppose un obstacle presque absolu au dépôt d'or. On emploie le chlorure d'or (sans acide oxalique), on réduit par l'oxalate de potasse à saturation et tiède.

En répétant l'expérience on obtient telle intensité qu'on veut; on fait franchir au dépôt d'or toutes les demi-teintes jusqu'à commencement d'attaque du ciel, et l'on obtient alors une image pourpre très vigoureuse (2). On enlève ensuite l'image négative par l'iodure de potassium concentré et il reste un positif à blancs parfaitement purs, formés d'or colloïdal transparent rouge pourpre (projections).

6° Une image aurique faible, obtenue d'une manière quelconque, et d'intensité variée, étant traitée par les bains d'argenteure déjà indiqués, se renforce considérablement et proportionnellement à son intensité. Cette image artificielle se comporte comme les images de noircissement direct.

7° Sur une plaque fixée sans image et lavée, puis imprégnée de chromate de potasse étendu, on fait un dessin quelconque avec une solution concentrée d'azotate de plomb s'écoulant d'une pipette, puis on lave à très grande eau. On a du chromate de plomb transparent.

Si l'on essaie ensuite de produire un précipité de sulfate de baryte (azotate de baryte et sulfate de soude) dans ce cliché spécial, il s'inverse immédiatement, c'est-à-dire que le sulfate de baryte est complètement exclu par le chromate de plomb.

Cette forme particulière de l'expérience de M. GUÉBHARD prouve surabondamment que la lumière n'y joue aucun rôle.

**III. Silhouettage.** — M. GUÉBHARD a décrit à ce sujet une ligne noire séparant une plage solarisée d'une plage entourante (ou entourée) sous-exposée. La continuité exige en effet qu'entre ces deux minima il y ait un maximum. Mais, si l'on photographie par exemple un cercle blanc sur fond noir, jusqu'à solarisation,

(1) Cliché de préférence heurté et à grandes transparences.

(2) La gélatine est tannée par le cyanure, circonstance avantageuse pour la fin de l'expérience, mais qui a pour effet de modifier le grain du dépôt. Au lieu d'or bleu miroitant, on a de l'or pourpre sans miroitement.

cette ligne de pose optima, limite du domaine de la solarisation, s'écartera du contour de l'image d'autant plus que la pose sera plus longue et la diffusion de la lumière dans la couche sensible plus considérable (1). Le mot de *silhouettage* paraît alors impropre ; d'autre part l'épreuve présentée à la Société et décrite dans le procès-verbal montrait un liseré non pas noir, mais blanc.

Le même auteur a expliqué le fait rectifié en admettant que la plage la plus posée remontait vers le relèvement des noirs après solarisation. Or, cette plage était, d'une pose à la suivante, descendante, et avait reçu 30 secondes de rayons X et 4 secondes de la lumière d'un bec Auer à 50 cm., soit environ un million de fois moins qu'il ne serait nécessaire pour relever les noirs (2) sur les émulsions les plus favorables d'après les expériences mêmes de M. GUÉBARD.

Il serait, je crois, excessif d'appeler *silhouettage* le renforcement qui dessine généralement le contour d'une tache sur gélatine par exemple (3).

Le *silhouettage* est une ligne claire séparant un dépôt en formation d'un dépôt préexistant qui exclut le second. C'est le cas de toutes les inversions précédemment décrites. Pour ces expériences un cliché sans demi-teintes (cercle blanc sur fond noir) convient parfaitement.

Quand le dépôt formé en second lieu, et sur lequel le *silhouettage* est nécessairement pris (il ne peut évidemment l'être sur celui déjà formé), devient très intense, la ligne claire arrive généralement à se combler. Cependant avec le platine cela ne m'a pas été possible.

Suivant l'intensité du premier dépôt, dont celle du second est indépendante, l'image *silhouettée* sera à volonté positive ou négative.

La largeur (très faible) de cette bande claire paraît être minima avec un second dépôt à grain très fin (or rouge) et le *silhouettage* se comble alors sans difficulté.

Le phénomène n'est pas dû à l'obstacle opposé par l'invisible pénombre bordant le premier dépôt. On peut, en effet, produire le *silhouettage* de manière à écarter cette interprétation :

Sur une plaque de gélatine imprégnée de chromate de potasse puis lavée sommairement et époncée on verse une grosse goutte d'azotate de plomb qu'on étale ensuite par saccades ; on a du chromate de plomb transparent ; mais les contours successifs de la goutte étalée sont tous marqués (sauf le dernier) par un *silhouettage* clair séparant chaque plage de celle formée avant elle.

On peut faire du *silhouettage* photographiquement : on expose un instant à la lumière d'une bougie une plaque photographique antihalo sur laquelle on a appliqué une cache de forme quelconque. On développe, puis, après lavage, on expose de nouveau à la lumière (sans la cache). La plage déjà développée forme cliché protégeant le bromure sous jacent ; la partie réservée s'impressionne seule ou au moins d'une façon prépondérante. Développant à nouveau, cette région rattrape

(1) Elle peut s'en écarter facilement à un demi-centimètre.

(2) Quelques heures d'insolation directe.

(3) Ce renforcement s'observe aisément en déposant une goutte d'azotate d'argent sur de la gélatine, et réduisant ensuite : le contour de la goutte apparaît d'abord et reste prépondérant. De même en déposant une goutte d'azotate de plomb sur de la gélatine imbibée de chromate de potasse.

la première, mais avec un grain différent (ton brun) et elle est fortement silhouetée en blanc (1).

On peut encore, sur une plaque uniformément exposée, déposer une goutte de révélateur à la pyrocatéchine, puis, presque aussitôt, traiter par l'hydroquinone. On obtient un disque noir fortement auréolé d'une teinte claire sur fond noir (projections de silhouettages).

Si l'on intervertit l'ordre des révélateurs on n'observe rien de semblable, ou tout au plus une faible ligne claire visible à la loupe.

Ainsi, tous ces phénomènes, d'une évidente généralité, ne sont pas autre chose que des actions réciproques de particules très petites dans un milieu spécial dont l'action n'est sans doute pas nulle (2). Ils peuvent s'observer en photographie, puisqu'on y utilise ces particules, mais ils n'ont rien de commun avec les actions chimiques de la lumière.

Si donc on laisse de côté, dans la théorie de M. GUÉBHARD, l'affirmation non vérifiée que lumière, chaleur, émanations, rayons X, etc., produisent les mêmes effets (3), on voit qu'il en subsiste ceci :

Le développement peut compenser (dans une certaine mesure) un écart modéré de pose au voisinage du temps de pose photographique normal.

Quand une plaque photographique est exposée par échelons à la lumière pendant des temps de plus en plus grands, le noircissement produit par le révélateur augmente d'abord avec la pose, puis diminue (4), le relèvement ultérieur des noirs s'expliquant par le noircissement direct.

Ce qu'on savait déjà.

En prolongeant l'action de certains révélateurs lents, on inverse une image sous-exposée.

Ce qui, d'après ce qu'on a vu plus haut, est juste aussi photographique que la formation d'un précipité de sulfate de baryte.

---

(1) C'est précisément ce *ton brun* observé sur les silhouettages par Rayons X qui m'a permis de soupçonner le rôle de la grosseur des grains dans ces phénomènes.

(2) Il y a, par exemple, dépression de la gélatine sur une plaque où l'on a réduit de l'or.

(3) Il convient de rappeler, à ce sujet, la photographie des couleurs par Ed. BECQUEREL.

(4) Pour les émulsions courantes le point culminant correspond environ à une minute d'exposition à 0m,50 d'un bec Auer. Le temps de pose *normal* est au moins 200 fois plus petit.

## SOCIÉTÉS SAVANTES

### Sur l'irradiation tangentielle.

En attribuant comme origine aux phénomènes inexpliqués du silhouettage photographique l'irradiation tangentielle (1), de même que sir W. ABNEY avait attribué à l'irradiation normale les auréolements dits de *halo* (2), j'ai peut-être insuffisamment fait ressortir l'importance que peuvent prendre les premiers, même séparés, autant qu'il est possible (3) des seconds, comme on y arrive en opérant sur pellicule mince ou sur papier.

La figure 1 reproduit en *fac-simile* à peine réduit le photogramme ou épreuve positive (négatif du négatif original) de deux portions réunies de phototypes (vitroses Lumière) demeurés exposés pendant toute la journée du 8 avril 1905, à la lumière directe d'un ciel très clair, à Saint-Vallier-de-Thiery (Alpes-Maritimes : 720 m.) sous une cache graduée translucide de 0 à  $n$  épaisseurs de papier blanc écolier, du poids de 0 gr. 69 au décimètre carré, dont ils étaient en partie séparés par une cache opaque en papier émail noir, fenêtrée de trous circulaires d'un peu moins de 2 mm. de diamètre. Développement d'une heure, en dilution décimale de métoquinone.

Le bord inférieur de la figure montre, de gauche à droite, l'échelle des lumières montante jusqu'à un certain maximum, puis descendante, et encore remontante sur la bande exposée à nu (4), conformément à la figuration que nous avons récemment donnée de la fonction photographique (5). Sur la partie protégée par la cache noire, ce qui frappe le plus, c'est moins l'empiètement considérable des phénomènes d'irradiation et les transformations prévues du silhouettage résultant, du noir au blanc, que la grande différence de leur extension à partir des circonférences ou des bords droits : différence facile à comprendre, puisque la même énergie qui s'épand dans un cas sur un rectangle s'étale en éventail dans l'autre, sur une portion de zone élémentaire et, ne devrait, dans l'hypothèse d'une répartition uniforme, y atteindre qu'à une distance égale à  $r$ , si  $r$  est le diamètre de l'ouverture circulaire et  $y$  la distance

$$\left( \sqrt{1 + \frac{2y}{r}} - 1 \right)$$

(1) *Comptes rendus*, t. CXL, 13 mars 1905, p. 715.

(2) Cap. ABNEY, *On photographic irradiation*, *Philos. Magaz.*, 4<sup>e</sup> série, t. L, 1875, p. 46-52.

(3) Séparation qui est peut-être une cumulation, car, en supposant même que le substratum de la couche sensible absorbe une quotité notable de l'énergie lumineuse, il est certain que sa surface renvoie par irradiation diffuse une bonne part de ce qu'on l'empêche de renvoyer par réflexion et réfraction. Quant à ces deux dernières, elles sont encore notables avec les vitroses, et c'est à elles que sont dues les apparences de triple maximum et minimum de la zone de silhouettage.

(4) Nous avons, depuis lors, malgré des circonstances météorologiques défavorables, obtenu des réascensions bien plus complètes, mais sans arriver encore à dépasser franchement le second maximum.

(5) *Comptes rendus*, t. CXL, 15 mai 1905, p. 1334.



d'irradiation à partir du bord droit : formule sensiblement vérifiée par la figure 1 (1).

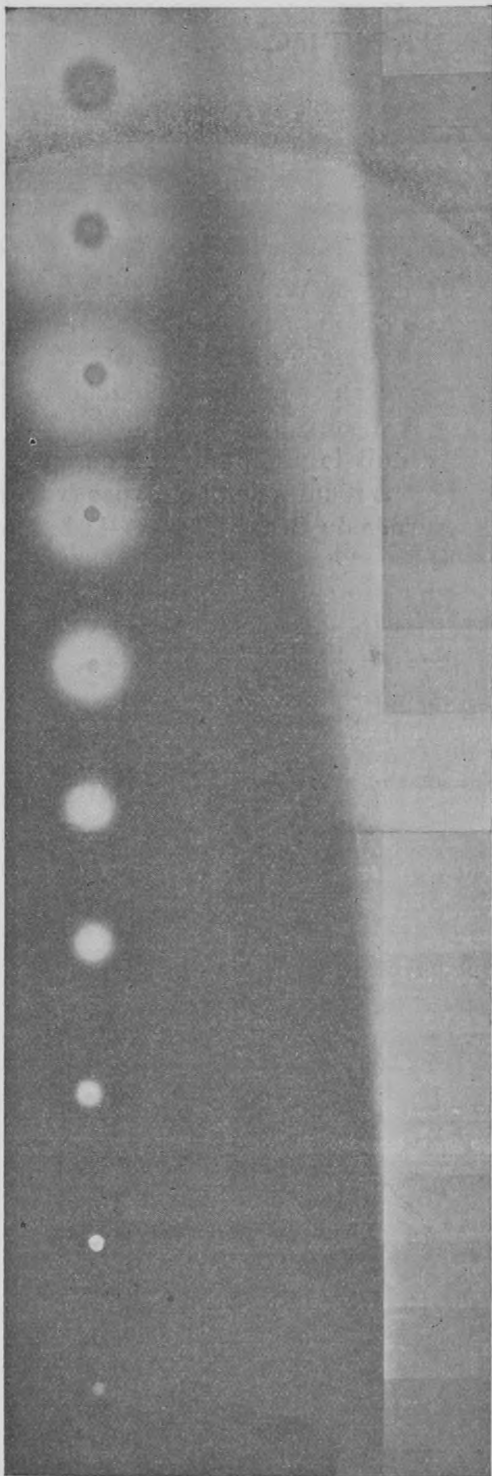


Fig. 1.

Mais de là résulte aussi l'impossibilité d'appliquer au calcul des distances une simple loi d'émission unicentrale (2), ainsi que l'avait fait Abney qui, après avoir été conduit, par les figures 2 et 3, à une

$$\text{équation de la forme } I' = I \frac{r^2 t}{(t^2 + X^2)^{\frac{3}{2}}}$$

la même pour l'une et l'autre irradiation tangentielle, les excellentes vérifications expérimentales de l'irradiation vitreuse. C'est que l'autre opère certainement sur le sel sensible d'une manière très différente de celle qu'on a coutume d'attribuer à la lumière. S'agissant de celle-ci, chacun penserait que deux rayons tombés sur un grain de bromure y devraient superposer toujours leurs actions, quelle que fût leur direction; or, vaguement sur la figure 1, mais très nettement sur beaucoup d'autres, faites dans ce but spécial, on distingue, à la rencontre des champs d'irradiation, une répulsion caractérisée. La bissectrice d'un angle est ligne neutre. Deux cercles en se rapprochant, au lieu de se fondre en courbes lemniscatiques, se dépriment: non pas tout à fait (du moins n'ai-je pu encore l'observer) suivant la formule potentielle des forces centrales en raison inverse du carré de la distance, mais très nettement, avec une ligne minimale intermédiaire. Serait-ce donc que l'énergie irradiante serait de la nature des radiations électriquement polarisées, portant en elles une cause

(1) Et aussi grossièrement par d'autres où, sans faire varier l'intensité d'éclairement, nous avons observé les variations de  $x$  en fonction de  $r$ .

(2) Il semble qu'il y aurait lieu surtout de tenir compte, pour la marche des rayons, des rencontres de molécules transformées en centres secondaires et de la distance à laquelle, en supposant une distribution hexagonale des particules opaques, l'ensemble des parallaxes formerait le cercle à l'irradiation. Les dimensions des molécules solides ne sont pas du tout négligeables par rapport à leurs distances, non plus que les réflexions multiples à l'intérieur de la couche sensible.



de répulsion réciproque? Ou bien serait-ce que deux actions arrivées en ligne droite sur le glomérule, mais en sens opposés, s'annuleraient? Malgré l'attrait de la première hypothèse, un détail d'observation semble corroborer la seconde. Lorsqu'on examine à la loupe une irradiation centrale, on la voit formée de vraies émissions rectilignes, mais non de rayons continus: d'une série de points très noirs, suivis excentriquement d'une sorte d'ombre lumineuse, projetée en pointe effilée, comme si l'effet photographique de la force irradiante ne se produisait qu'au delà du point de choc, par

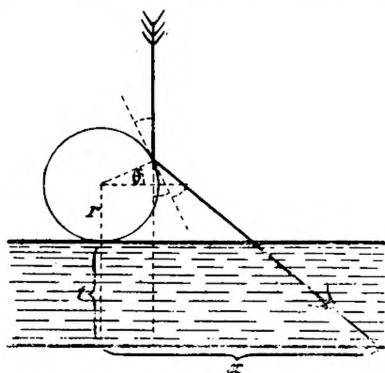


Fig. 2.

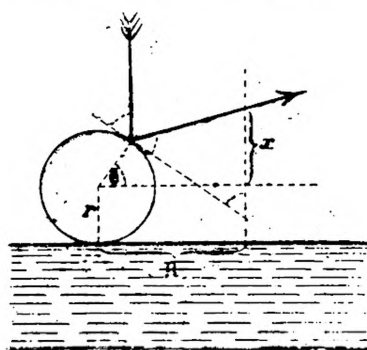


Fig. 3.

une projection matérielle de particules détachées des orbes moléculaires, ou par la simple élongation de ceux-ci. On concevrait alors que deux chocs contraires, mais ne dépassant pas la limite de compressibilité du microcosme atomique, s'annulassent purement et simplement. Les deux hypothèses, mécanique et électrique, ne sont, d'ailleurs, point exclusives l'une de l'autre, ni même de celle des forces centrales à potentiel, et leur importance, qui dépasse de beaucoup la simple théorie de l'acte photographique, justifiera certes des observations nouvelles. Les deux hypothèses ne sont pas absolument exclusives l'une de l'autre, ni même de celle d'une force centrale à potentiel. Et si tel est le mode d'action de la lumière à l'intérieur de la gélatine, qui oserait affirmer qu'il n'en soit pas de même à la surface? La question dépasse tant la portée du simple acte photographique qu'elle justifiera, certes, des observations nouvelles.

(Communication du D<sup>r</sup> A. GUÉNIARD à la séance du 29 mai 1903  
de l'Académie des Sciences.)

### Recherches sur l'irradiation.

Ayant constaté que la portion de l'irradiation que j'avais appelée *tangentielle* (1), mais qu'il sera plus exact d'appeler simplement *latérale*, correspondant à l'incidence  $\theta > \frac{\pi}{4}$  de l'hypothèse d'ABNEY, ne répondait que fort mal à cette hypothèse, j'avais été amené à me demander si l'aspect de mutuelle répulsion constatable à la rencontre des champs d'irradiation ne serait point dû soit à une intervention d'électricité, soit à une interférence de propagation longitudinale de mouvements, de l'espèce des gravitations intra-atomiques. Certaines apparences microscopiques m'avaient fait

(1) *Comptes-rendus*, t. CXL, 29 mai 1903, p. 4346.

incliner vers la seconde hypothèse, mais elles n'étaient pas constantes, et j'ai voulu soumettre la seconde à un critère expérimental.

Des plaques  $9 \times 12$ , vitroses Lumière ou ultra-rapides Grieshaber (As de trèfle), illuminées en leur centre par un trou circulaire de 6 mm., ou un rectangle de  $7 \times 8$  mm., pratiqué dans une cache de carton noir, à 15 cm. d'un bec Auer, ont été maintenues pendant 1 heure dans le champ électrostatique du plan méridien commun de deux sphères de cuivre de 10 cm. de diamètre, reliées aux pôles d'une machine de Wimshurst de Gaiffe à huit plateaux, munie d'un double condensateur de large surface, donnant toutes les quatre secondes une grosse étincelle de 6 cm. environ. D'autres ont été soumises pendant le même temps au champ magnétique d'un électro-aimant Foucault, actionné par un courant de près de 6 ampères, l'illumination se faisant à travers l'axe tubulaire de l'une des bobines, démunie de son armature.

Aucune dissymétrie notable ne s'est manifestée dans les champs d'irradiation atteignant jusqu'à 8 cm. de diamètre. Résultat purement négatif, mais qui n'en incitait pas moins à chercher autre chose.

Or, s'il ne s'agit que d'une transmission de forces vives particulières, d'ordre tourbillonnaire plutôt que vibratoire, la sphérule schématisée d'ABNEY n'est plus indispensable, et l'on doit observer sur une surface homogène lisse la même chose qu'avec une surface dépolie ou une émulsion.

C'est ce qu'ont vérifié diverses plaques daguerriennes anciennes (cuivre plaqué, de 1 mm.) qui, sommairement repolies par les soins de M. PELLIX, puis exposées directement, suivant la méthode de MOSER (1) sans sensibilisation, pendant une journée environ, à la très inégale insolation du présent mois d'août, puis directement développées à la vapeur de mercure, ont montré, sur l'image, naturellement inversée, de la cache (le dépôt du mercure correspondant aux parties protégées), le bord des à-jour entouré d'un liseré, généralement bleuâtre, de près de 1 mm., entièrement recouvrable par la cache lorsqu'on la remettait en place. Pour faciliter le contrôle, certaines découpures furent faites au moyen de lignes parallèles, recoupées par une perpendiculaire, en dents de peigne rectangulaires, opposées en chicane, de façon que bord d'à-jour correspondît à un côté de languette pleine. Presque toujours, cette dernière s'est montrée rétrécie par l'empiétement interne du silhouettage, débordant de la partie illuminée.

Afin d'éviter l'objection de traces résiduelles de sensibilisation (2), j'ai opéré sur simple paillon, cuivre argenté laminé, de 0<sup>mm</sup>,02 d'épaisseur. Puis, pour montrer que deux métaux n'étaient pas nécessaires, sur feuille d'argent de 0<sup>mm</sup>,03; le résultat a été parfois moins net, mais toujours de même sens. Or, les pressions forcées par les-

(1) Après que MOSER eut montré (*Pogg. Ann. der Physik*, t. LVI, 1842, p. 177-234) que la formation et l'inversion de l'image photographique ne dépendaient que de la durée ou de l'exposition, ou de la sensibilisation, ou de la révélation, la première et la seconde pouvant être interverties, et la seconde même supprimée, on se demande comment a pu naître et se perpétuer la querelle toute casuistique, où s'use encore le plus clair de l'effort scientifique en photographie, sur la nature physique ou chimique de l'image. Certes, on peut reproduire par des actions chimiques seules les mêmes phénomènes que par les seules actions physiques; mais le résultat n'est jamais que l'expression d'une certaine dépense totale d'énergies, et ne dépend que de la somme et non de tel ou tel terme exclusivement. Si la somme elle-même est toujours, d'après les recherches de M. BERTHELOT et de ses élèves, infime en valeur absolue, c'est une raison de plus pour n'en négliger aucun élément, puisque la moindre variation la peut altérer considérablement.

(2) D'anciennes images astronomiques reparaissent, en effet, à chaque révélation.

quelles étaient établis les contacts au châssis-pressé, entre les feuilles d'épreuve et les caches en étain ou paillon montées sur verre, excluent la vraisemblance d'une infiltration lumineuse, dont les caractères spéciaux ne permettent guère d'ailleurs la confusion avec l'irradiation elle-même.

Il semble donc que l'irradiation constitue une propriété de la matière aussi générale que la sensibilité photographique elle-même, et son corollaire l'inversion. C'est ce que je crois devoir signaler, avec toute la réserve que comportent des expériences que j'ai le regret de ne pouvoir poursuivre.

(Communication du Dr GUÉBARD à la séance du 28 août 1905  
de l'Académie des Sciences.)

### **Sur un stéréoscope dièdre à grand champ, à miroir bissecteur.**

Ce stéréoscope est destiné à l'observation d'épreuves prises avec le champ étendu que donnent les objectifs Grand-Angle. Lorsqu'il est fermé, il présente le même aspect qu'un cahier ou qu'un atlas. Lorsqu'on l'ouvre, les deux panneaux extérieurs, que l'on nommera *panneau droit* et *panneau gauche*, forment un angle dièdre, auquel on donnera, par exemple, une valeur de  $140^\circ$ . Un cadre ou un panneau médian, articulé avec les précédents, forme, en position d'ouverture, le bissecteur du dièdre. Ce bissecteur porte un petit miroir plan, de préférence un miroir de glace argentée ou platinée à sa surface, ou encore un prisme à réflexion totale.

L'appareil étant en expérience, sur le panneau droit se trouve disposée l'épreuve droite, de sens recto, c'est-à-dire dans son sens habituel : elle est regardée directement par l'œil droit de l'observateur. Sur le panneau gauche est disposée l'épreuve gauche, de sens verso ; observée par l'œil gauche visant dans le miroir, elle se trouve ainsi rétablie dans son sens habituel. Tout se passe donc pour l'observateur comme si, sur le panneau droit, se trouvait, presque en coïncidence avec l'épreuve droite, que son œil droit vise directement, une épreuve gauche de sens recto, cette dernière étant visible seulement pour son œil gauche. C'est là, comme l'on sait, la condition essentielle de la vision stéréoscopique.

On voit que cette condition reste réalisée quelle que soit l'ouverture de l'angle dièdre formé par le panneau droit et par le panneau gauche, quelle que soit aussi la position que l'on donne au miroir dans le plan bissecteur. On voit encore que les dimensions de ce miroir unique peuvent être très restreintes, et qu'il conserve cependant un champ étendu, puisqu'il ne sert qu'à l'œil, placé tout contre lui.

Pour que la fusion stéréoscopique se produise dans les conditions les meilleures, quelques conditions très simples sont utiles à réaliser. Les unes sont des conditions nécessaires ; les autres, qui correspondent à l'optimum de vision facile et correcte, ne sont pas cependant rigoureusement exigées.

Il est nécessaire, d'abord, que les deux épreuves soient dans le même aplomb, c'est-à-dire que si diverses lignes verticales sont figurées sur l'une et sur l'autre par des lignes parallèles, les deux systèmes de parallèles doivent avoir une direction commune, qui est celle même de l'arête du dièdre. Il est nécessaire encore que la ligne d'horizon de l'une des épreuves et la ligne d'horizon de l'autre coïncident lorsque les deux épreuves sont rabattues l'une sur l'autre.

Les deux yeux de l'observateur doivent se trouver dans un même plan perpendiculaire à l'arête du dièdre et sur une ligne parallèle au panneau droit. Il est convenable que le plan, perpendiculaire à l'arête, contenant les deux yeux, contienne aussi les lignes d'horizon des deux épreuves ; mais cette condition n'est pas indispensable,

et si les deux yeux sont placés dans un plan parallèle à celui-là et peu distant de lui, soit au-dessus, soit au-dessous, la fusion des épreuves droite et gauche se fait encore facilement : un observateur non prévenu ne perçoit pas de différence sensible entre ce cas et le précédent.

Il est convenable aussi, pour que l'observateur obtienne une restitution tout à fait correcte, que la distance des yeux au panneau droit soit égale à la distance principale de la perspective, c'est-à-dire à la distance du point nodal d'émergence de l'objectif à la plaque, s'il s'agit de photographies. Mais cette condition de distance n'est pas rigoureusement exigée ; si, par exemple, on établit entre les yeux et le panneau une distance différant de la précédente, en plus ou en moins, d'un quart ou d'un tiers de sa valeur, il se fait encore une restitution satisfaisante.

Il convient encore, pour une restitution très correcte, que la perpendiculaire menée du point médian de la ligne des yeux tombe sur le point médian d'un segment très court dont les extrémités sont, d'une part, le point principal de la vue droite, d'autre part, l'image virtuelle, par rapport au miroir, du point principal de la vue gauche. Comme les conditions précédentes, celle-ci convient à la restitution fidèle de la perspective, sans qu'elle soit rigoureusement exigée.

*En résumé*, le stéréoscope dièdre à miroir bissecteur produit la fusion stéréoscopique au moyen de couples ou de cahiers de format aussi grand qu'on le désire.

Le champ de cet appareil est fort étendu ; si l'on veut ne faire usage ni de loupes, ni d'oculaires, en observant à une distance où la vision soit distincte, le champ est celui de l'œil libre, beaucoup plus étendu que celui des instruments d'optique.

On peut aussi employer des oculaires, mais le champ devient alors moindre que dans le cas précédent. Bien que toutes les valeurs données à l'angle dièdre puissent convenir d'après la théorie, celles qui présentent le plus d'avantages sont les valeurs voisines de  $140^\circ$  pour les épreuves un peu grandes, et celle de  $180^\circ$  pour les moindres formats. Pour cette dernière valeur, les deux panneaux ne forment plus qu'un seul plan.

Les épreuves peuvent être établies soit sur verre, soit sur papier ; les épreuves sur verre, très fines, ont aussi l'avantage de pouvoir être observées, soit au recto, soit au verso ; les épreuves sur papier, que l'on obtient sans difficulté, de sens recto ou de sens verso, peuvent être reproduites à peu de frais par les procédés d'impressions photographiques ou photomécaniques en noir ou en couleurs. La stéréoscopie se trouve affranchie de cette manière des conditions de champ, de format et de prix qui en restreignaient l'emploi. Non seulement un couple d'épreuves, mais un cahier ou un fascicule peuvent donner des vues stéréoscopiques dans tous les formats usuels. Les arts et les sciences, notamment les sciences géographiques, naturelles et médicales, tireront parti de ces conditions nouvelles. Les stéréoradiographies et les vues employées en stéréophotogrammétrie sont ainsi facilement étudiées sans qu'il soit nécessaire de les réduire, de même que les clichés sur glace de l'Astronomie planétaire ou stellaire.

Enfin, le stéréoscope à miroir bissecteur se prête facilement à diverses expériences simples relatives à la vision binoculaire, qui seront publiées prochainement.

(Communication de M. L. PIGEON, à la séance du 24 juillet 1905  
de l'Académie des Sciences.)

### ***Sur un sous-iodure de phosphore, préparé par l'action de la lumière.***

En faisant agir la lumière solaire sur un mélange d'iode et de phosphore dissous

dans le sulfure de carbone bien sec, M. BOULOUGH a obtenu une poudre amorphe d'une belle couleur rouge, contenant à peu près la moitié de son poids d'iode, de formule  $P^4I$ , dont il a étudié le rôle important qu'il joue dans la transformation allotropique du phosphore.

(R. BOULOUGH, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*,  
t. CXLI, p. 256, 24 juillet 1905.)

**De l'importance du rôle de l'irradiation en spectrophotographie. —**  
D<sup>r</sup> A. GUEBHARD.

L'auteur déduit de ses recherches sur l'irradiation que l'image photographique de toute raie claire sur fond sombre doit forcément au fur et à mesure qu'augmente l'éclat de la source : 1<sup>o</sup> s'élargir d'un double dégradé ; 2<sup>o</sup> dès qu'elle a passé le maximum, se doubler de deux raies noires de plus en plus étalées au fur et à mesure qu'elle devient plus claire ; 3<sup>o</sup> quand elle a dépassé le minimum, reparaitre en gris, toute fine entre deux raies blanches, suivies de bandes noires intenses et largement étendues au dehors. C'est ce qu'il a vérifié en exposant derrière une fente un papier négatif au gélatinobromure extra sensible, durant une *journée*. Il en conclut qu'il y a lieu de tenir compte de l'irradiation dans la recherche des causes de nombre de particularités des spectres qui ont donné lieu aux hypothèses et aux discussions les plus variées. S'il est incontestable qu'il y a lieu de tenir compte de l'irradiation en spectrophotographie, nous croyons bon de faire remarquer que l'obtention des phénomènes observés par M. Guebhard a exigé un temps de pose énormément plus long que les temps de pose habituels.

(*Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, tome CXLI, 1905, page 462.)

---



## BIBLIOGRAPHIE

---

**Les quantités élémentaires d'électricité, ions, électrons, corpuscules,** mémoires réunis et publiés par Henri ABRAHAM et Paul LANGEVIN, volume grand in-8° de xvi-1144 pages, avec nombreuses figures, GAUTHIER-VILLARS, éditeur.

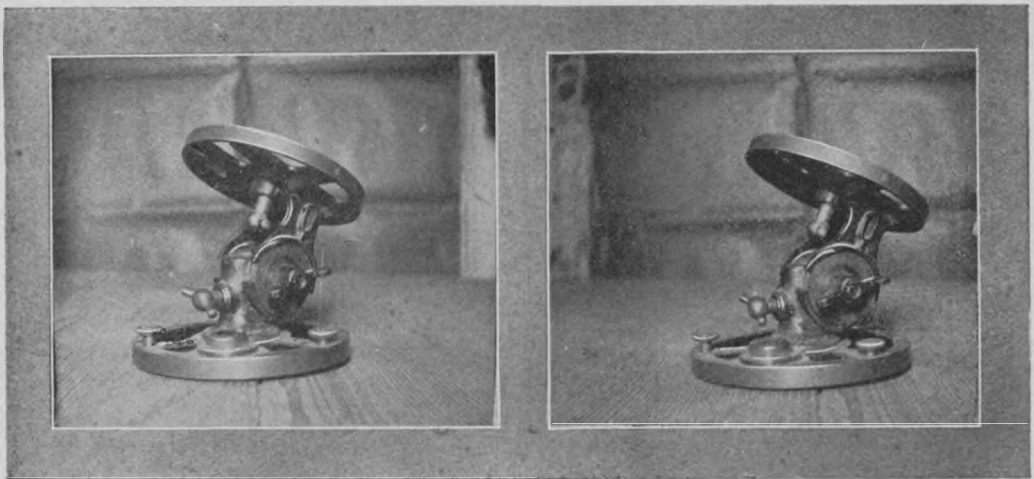
Cet ouvrage est une collection de Mémoires édités par les soins de la *Société Française de Physique* : suivant l'expression même de leurs auteurs, cette collection est surtout un Livre de références, destiné à mettre sous la main des physiciens de langue française un certain nombre de travaux utiles à consulter. Les Mémoires sont classés par ordre alphabétique de noms d'auteurs et par ordre chronologique pour chaque auteur. On peut donc ouvrir ce livre comme un dictionnaire. Mais, pour éviter l'inconvénient que présente cet ordre alphabétique, les auteurs ont fait précéder leur publication d'un tableau synoptique qui classe les mémoires suivant chaque division du sujet, et, autant que possible, par ordre alphabétique.

La notion de structure discontinue des charges électriques domine et pénètre la plupart des découvertes récentes en physique; cette forme nouvelle des conceptions atomistiques sert maintenant de guide à un grand nombre d'expérimentateurs. Le présent ouvrage renferme de nombreux développements sur les *Ions*, et sur les *Electrons* où sont étudiés leurs caractères, les circonstances de leur production, et leurs propriétés. Sans reproduire ici la liste très longue des divers mémoires cités dans ce livre de plus de 1100 pages, contentons-nous de dire qu'on y étudie les décharges disruptives, les flammes et gaz chauds, la lumière ultraviolette, les rayons cathodiques, les rayons de Röntgen, les corps radioactifs et l'ionisation de l'atmosphère, des solides et des liquides. Les passages relatifs aux propriétés des *ions* traitent de leur mobilité, de leur diffusion, de leur recombinaison, des courants dans un gaz ionisé, des phénomènes de condensation, de la charge absolue des ions, de leur masse, et de leur dénombrement. Les mémoires relatifs aux *électrons* portent sur certains points de la théorie des rayons cathodiques, sur les rayons de Goldstein (Kanalstrahlen, sur les corps radioactifs, et les corps incandescents. Les pages réservées aux propriétés des électrons étudient l'existence de leur charge, l'action des champs électrique et magnétique, la mesure du rapport de la charge à la masse, la mesure de la vitesse, la conductibilité produite par les électrons en mouvement, les phénomènes d'absorption et les phénomènes cosmiques. Citons enfin, pour compléter l'ouvrage, différentes études sur la dynamique des électrons et la masse électromagnétique, les phénomènes électriques et optiques, la théorie de l'aberration et le mouvement absolu, le rayonnement produit par l'accélération des électrons.

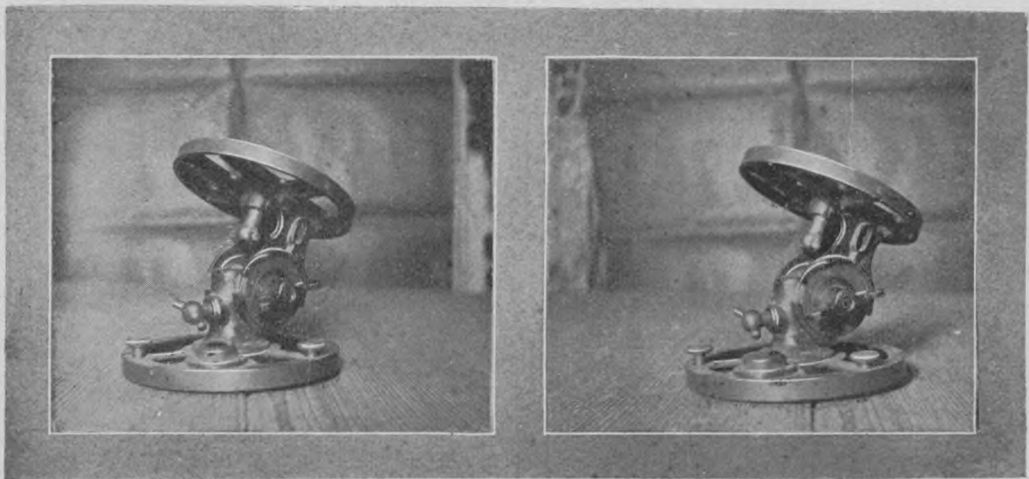
On ne peut que remercier MM. ABRAHAM et LANGEVIN d'avoir mis entre les mains des physiciens français beaucoup de passages importants relatifs aux théories nouvelles de la Matière et de l'Electricité, dont la plupart sont des traductions d'auteurs étrangers.

G.-H. N.

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*



EPREUVE I — Photographie stéréoscopique obtenue en faisant tourner le modèle autour d'un axe vertical, sans déplacement de la source lumineuse.



EPREUVE II. — Photographie stéréoscopique obtenue en faisant tourner le modèle autour d'un axe vertical et en déplaçant la source lumineuse,





# PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE A COURTE DISTANCE

## DES PETITS OBJETS

*Par rotation du modèle ou de l'appareil autour d'un axe vertical*

---

La photographie stéréoscopique, dont nul amateur photographe n'ignore le charme particulier dû à cette sensation de relief vrai qui nous donne l'illusion de voir des objets réels, pour ainsi dire palpables, et non leur simple image sur un plan, est à l'ordre du jour depuis quelques années dans le domaine scientifique par les applications nouvelles auxquelles elle a donné naissance.

C'est ainsi que la topographie, l'astronomie, la météorologie y ont recours pour le lever des plans, la séparation dans le ciel des planètes, visibles par le nouveau procédé avec leur rondeur et nettement détachées de leur cortège de satellites, enfin la fixation dans l'espace des éclairs et autres phénomènes lumineux.

Dans ces applications diverses, pour montrer aux yeux avec un relief factice les objets qui sans instrument paraissent, à cause de leur éloignement, relégués dans le même plan de front, on a recours à un écartement des objectifs variable mais toujours nettement supérieur à l'écart normal des yeux, dont la valeur est de 63<sup>mm</sup> environ. La *base* employée varie de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres dans les levés topographiques ; elle se chiffre par milliers et même par millions de kilomètres dans les applications à l'astronomie !

Maintenant, après avoir envisagé la stéréoscopie des objets à des distances très grandes, si l'on considère la photographie stéréoscopique des objets plus petits aux moyennes et courtes distances, le nouveau problème n'est pas moins intéressant comme applications et plus complexe qu'il ne semble à première vue.

En effet, s'il s'agit de la photographie d'un objet ou d'un groupe d'objets à une distance de quelques mètres, le mode opératoire est très simple si l'on désire la représentation du modèle avec son relief exact, c'est-à-dire tel qu'on le voit avec les deux yeux à la même distance. C'est l'opération courante, que des milliers d'amateurs réalisent tous les jours ; il suffit de braquer sur le modèle une jumelle stéréoscopique quelconque. L'objet étant distant de quelques mètres, les images homologues seront normalement écartées sur les photographies, la fusion dans le stéréoscope s'opérera sans effort des globes oculaires et le relief perçu sera le relief *vrai*.

Mais dans ce premier cas — cas des distances moyennes, quelques mètres environ — on peut désirer une amplification du relief normal. Par exemple, quand on photographie une machine dont on veut bien détacher les pièces les unes des autres et la montrer en partie sur ses faces latérales dans la même vue. La pre-

mière idée qui vient aussitôt est d'augmenter l'écartement des objectifs, pour avoir ce relief exagéré à dessein. C'est, nous l'avons vu, la façon d'agir aux grandes distances. Mais, dans le cas présent, si la distance entre les deux objectifs dépasse une certaine valeur, les images homologues vont être trop éloignées sur les négatifs, trop rapprochées dans les positifs après leur transposition, l'effort de convergence des axes des yeux sera trop pénible et la fusion pourra devenir impossible. Il peut même arriver que l'une des moitiés du modèle figure seule sur l'une des photographies, tandis que l'autre moitié seule est représentée sur la seconde.

Passons maintenant au cas des objets plus petits photographiés à une distance voisine de la distance minimum de la vision distincte, 25 cm. environ. Si nous restons sur la limite de la vision distincte, le relief *vrai* sera perçu en conservant aux objectifs leur écart normal (63 mm.). Mais les défauts signalés s'offrent déjà, même avec l'écart normal ne donnant pas de relief exagéré : l'objet ne figurera peut-être pas en entier sur les deux vues et en tout cas l'effort de convergence des yeux sera trop grand par suite du trop fort écartement des points homologues dans les négatifs et de leur rapprochement exagéré dans les positifs transposés. Si l'on veut exagérer le relief en augmentant l'écart des objectifs, ces défauts ne font que s'accroître.

Divers remèdes ont déjà été proposés. M. Max Lœhr, qui signalait cet inconvénient dans une communication faite le 3 février 1905 à la *Société française de photographie* (1), indiquait le moyen d'y remédier, quand on emploie l'*Alto-stéréo-quart*, en rapprochant les deux objectifs l'un de l'autre. Mais cette façon d'opérer, qui peut être licite quand on photographie à une distance inférieure à celle de la vision distincte, n'est qu'un palliatif, car elle atténue le relief aux distances supérieures à cette limite et *a fortiori* ne permet pas l'exagération voulue du relief pour les mêmes distances.

On a proposé également l'emploi d'un appareil à objectifs convergents. De cette façon, on ramène la partie centrale de l'objet au milieu de la plaque dans chacune des deux vues. Cette solution a l'inconvénient d'exiger un appareil spécial ou deux chambres identiques séparées, si l'on veut opérer en une seule pose.

Nous verrons plus loin comment on peut opérer avec un appareil ordinaire à objectif unique, en deux poses.

M. COLARDEAU a fait une étude approfondie de la question, qu'on lira avec le plus grand intérêt dans un numéro antérieur de la *Revue des Sciences photographiques* (2). Rappelant les difficultés que l'on rencontre dans la photographie stéréoscopique à courte distance des petits objets, difficultés que je n'ai fait que rappeler sommairement pour ne pas répéter en détail ce qui a déjà été dit dans cette même revue, il a indiqué le moyen d'utiliser les petites jumelles stéréoscopiques du commerce genre Vérascopes, en faisant deux poses séparées. Sa méthode consiste à faire tourner la chambre noire autour d'un axe de rotation situé sur l'arrière de cette chambre et en ne découvrant chaque fois qu'un seul objectif.

(1) Voir le *Bulletin* de cette société, du 1<sup>er</sup> mars 1905.

(2) Voir le n° 7, d'octobre 1904.



Pour que cette opération se fasse commodément, M. COLARDEAU a construit un banc optique très pratique.

C'est un compromis entre les deux méthodes précédentes, à savoir la convergence des objectifs sur le centre du modèle et leur rapprochement l'un de l'autre. En agissant ainsi, on diminue moins l'écart des centres optiques des objectifs que dans le mode opératoire préconisé par M. Max Lœhr, mais on le diminue quand même et il se trouve toujours inférieur à 63 mm.

M. COLARDEAU opérant, dans les exemples qu'il énumère, la photographie de très petits objets à une distance de 15 cm., inférieure à celle de la vision distincte normale, il est impossible, pour des distances aussi faibles, de conserver l'écartement des objectifs égal à l'écart normal des yeux sans tomber dans un relief exagéré sans le vouloir. Sa méthode est donc excellente pour les très courtes distances.

J'ai cherché à obtenir, à volonté, le relief exact, ou à dessein, exagéré pour les distances égales ou supérieures à celles de la vision distincte, en opérant avec un appareil ordinaire muni d'un seul objectif, en deux poses. Dans ces conditions, pour ne pas s'exposer à tomber dans les défauts signalés au début de cette étude, tout en conservant aux deux positions de l'objectif l'écart nécessaire qui est alors au moins égal à 63 mm., deux solutions se présentent :

1° Remplacer la translation de l'objectif entre les deux poses par une rotation équivalente du modèle autour d'un axe vertical ;

2° Remplacer la translation de l'objectif perpendiculairement à l'axe optique par une rotation équivalente de l'appareil autour du même axe vertical que précédemment.

Les deux méthodes permettent de conserver rigoureusement la partie centrale de l'objet au milieu de la plaque et d'obtenir les reliefs les plus extraordinaires sans qu'il en résulte la moindre fatigue pour les yeux de l'observateur.

Pour indiquer de quelle façon on y parvient, faisons une étude géométrique de la question.

Considérons la figure 1, représentant un appareil stéréoscopique braqué sur un objet dont A est un point situé sur la perpendiculaire milieu de la ligne des objectifs  $O_1$  et  $O_2$ .

L'objectif gauche  $O_1$  voit l'objet à droite de son axe d'un angle  $\frac{\alpha}{2}$ .

L'objectif droit  $O_2$  voit l'objet à gauche de son axe du même angle  $\frac{\alpha}{2}$ .

On obtiendrait le même résultat avec un objectif unique :

1° En déplaçant cet objectif de la gauche vers la droite d'une quantité  $O_1O_2 = e$ , entre les deux poses ;

2° En déplaçant l'objet A de la droite vers la gauche d'une même quantité  $AA' = O_1O_2 = e$ .

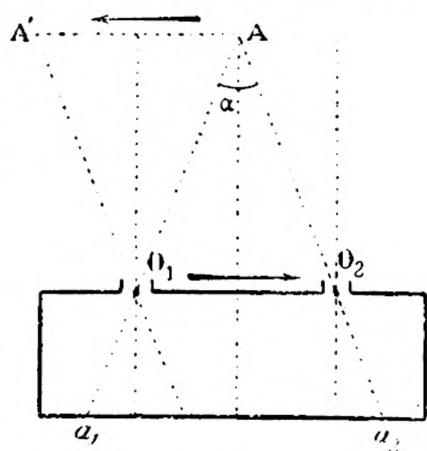


Fig. 1.

De cette dernière observation nous allons déduire les deux procédés annoncés plus haut.

**Première méthode.** — Envisageons, pour simplifier, la section droite circulaire d'une sphère, d'un cylindre ou d'un cône qu'on aurait ainsi déplacé de A en A' ( $AA' = O_1O_2 = e$ ) (fig. 2). Considérons le point B où le rayon  $O_1A$  perce la circonférence. Ce point, par suite de la translation, vient en B' obtenu en menant A'B' parallèle à AB.

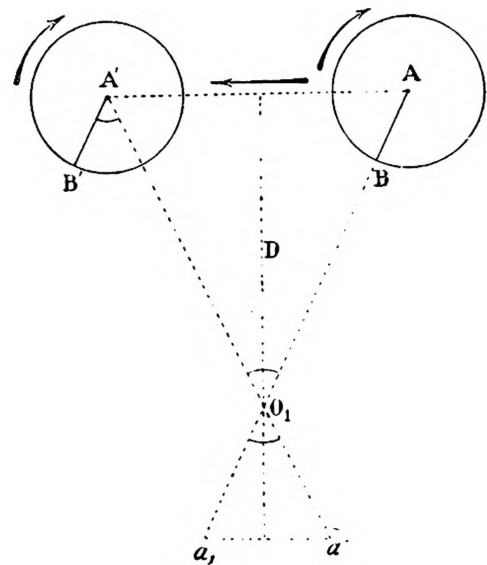


Fig. 2

Tout se passe donc comme si on avait fait tourner le modèle autour d'un axe vertical passant par le point A, entre les deux poses, d'un angle

$$\overline{O_1A'B'} = \overline{AO_1A'} = \overline{\alpha'O_1\alpha_1}$$

dans la direction indiquée par la flèche. C'est l'angle de parallaxe sous lequel on voit l'écart  $O_1O_2 = e$  à la distance à laquelle se trouve l'axe de rotation A de la ligne des objectifs.

Cet angle est facile à calculer. Désignons-le par  $\alpha$ , par D la distance de l'axe de rotation. On voit immédiatement que l'on a :

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{e}{2D}.$$

Nous donnons à titre d'exemple la photographie stéréoscopique d'une tête de pied « Guros » obtenue de cette façon. La distance D étant de 32 cm., en comptant  $e = 63$  mm. pour avoir le relief vrai, on trouve  $\alpha = 11^{\circ}14'$ , soit  $11^{\circ}1/4$ . C'est l'angle dont il a fallu faire tourner l'objet autour de son centre, sur lequel l'objectif a été dirigé, entre les deux poses, pour obtenir l'effet stéréoscopique exact.

Jusqu'ici nous n'avons fait qu'obéir à des considérations purement géométriques. Mais il faut remarquer que, par suite de la rotation (1), les jeux de lumière sur la surface du modèle se trouvent modifiés. Les lignes du modèle, par suite de ce mouvement de rotation, arriveront toujours à donner une sensation de relief, mais l'effet stéréoscopique sera plus ou moins brouillé à cause du déplacement des zones d'ombre et de lumière.

On supprimera complètement ce défaut en faisant usage d'une source de lumière artificielle, lampe ou magnésium, et en la faisant tourner, en même temps que le modèle, autour du même axe A, dans le même sens et du même angle que l'objet. Ainsi (fig. 3), soit S la position première de la source lumineuse, E le point de

(1) La translation de l'objet aurait les mêmes inconvénients si l'on opérait avec une source de lumière artificielle placée à petite distance du modèle ; elle serait indemne de ces défauts avec une source de lumière parallèle, comme celle du soleil.

rencontre de la surface extérieure de l'objet avec la droite AS qui joint le centre de rotation à la source de lumière. Après la rotation, E vient en E' tel que l'angle  $\overline{EAE'} = \overline{BAB'} = \alpha$ . Pour que le modèle soit éclairé de la même manière, il faudra transporter la lumière S sur la direction AE' et à une distance AS' de l'axe de rotation égale à AS.

J'ai photographié, à l'aide de l'éclair magnésique, une tête de pied « Guros », d'abord sans déplacer la source lumineuse (épreuve I), ensuite en la transportant comme il vient d'être indiqué (épreuve II). En les examinant successivement au binocle stéréoscopique, on constatera que l'effet général est sensiblement amélioré

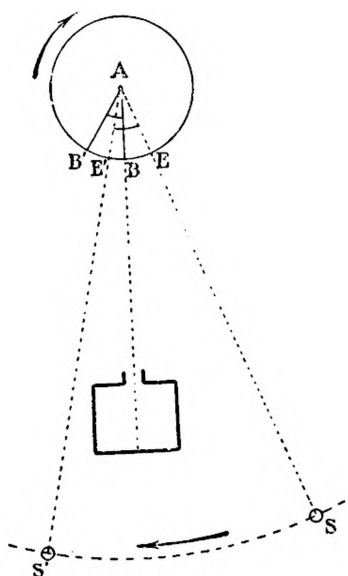


Fig. 3.

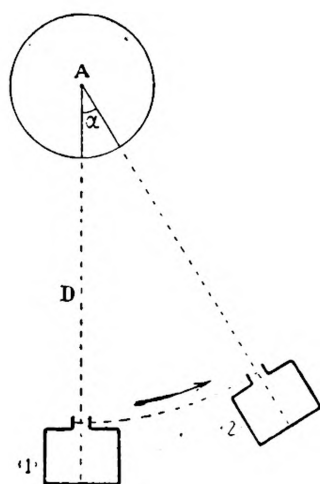


Fig. 4.

dans la seconde épreuve. C'est ainsi que la zone située au-dessous de la clef du serrage, à droite, est brouillée et confuse dans la première épreuve, par suite de l'ombre incorrecte, tandis qu'elle est parfaitement nette sur la seconde.

On photographiera de la même façon un groupe d'objets en les plaçant sur une planchette que l'on fera tourner autour d'un axe vertical passant approximativement par un point de l'axe optique de l'objectif.

On obtiendra les effets de relief exagéré, utiles dans certains cas, en faisant tourner le modèle d'un angle supérieur à celui calculé.

Enfin si l'on opère à une distance inférieure à celle de la vision distincte, si l'on ne veut pas exagérer l'effet stéréoscopique, il faudra réduire cet angle.

**Deuxième méthode.** — On obtiendra évidemment le même résultat en faisant tourner, non plus l'objet, mais l'appareil lui-même autour du même axe A (fig. 4), du même angle  $\alpha$  que précédemment.

Cette solution a l'avantage de n'exiger aucun déplacement de la source lumi-

neuse et de permettre de photographier à la lumière diffuse ou au soleil. Enfin elle est la seule pratique quand le modèle n'est pas maniable.

**Règle générale.** — Pour obtenir l'effet stéréoscopique *normal*, faire tourner le modèle ou l'appareil photographique autour d'un axe vertical situé sur l'axe optique de l'objectif et dans la partie centrale du modèle, d'un certain angle  $\alpha$ , entre les deux poses. Cet angle  $\alpha$  est donné par la formule :

$$\lg \frac{\alpha}{2} = \frac{e}{2D},$$

D étant la distance de l'axe de rotation au centre optique de l'objectif,  $e$  l'écart normal des yeux (63 mm.).

Si c'est le modèle que l'on fait tourner, photographier à la lumière artificielle et avoir soin de déplacer la source lumineuse entre les deux poses, en la faisant tourner du même angle et dans le même sens que le modèle autour du même axe.

Pour l'obtention des reliefs exagérés, faire tourner d'un angle supérieur à celui calculé. Réduire cet angle quand on photographie à une distance inférieure à celle de la vision distincte (25 cm. environ).

**Placement des positifs pour l'examen au stéréoscope.** — **Rotation de l'appareil.** — L'épreuve à placer à droite dans le stéréoscope est celle obtenue dans la position de la chambre noire qui est vue à gauche pour un observateur supposé placé sur l'axe de rotation la tête en haut.

**Rotation du modèle.** — L'épreuve à placer à droite dans le stéréoscope est celle de la deuxième pose si la rotation a eu lieu de gauche à droite (pour un observateur placé sur l'axe de rotation) ; c'est celle de la première pose si la rotation s'est faite de droite à gauche.

Ces procédés peuvent rendre des services à l'amateur qui ne possède qu'un appareil à objectif unique, pour obtenir facilement et correctement tout effet de relief des objets, à toutes distances, sans que les images cessent d'occuper la partie centrale de la plaque et par suite sans examen pénible pour la vue, quand on place les photographies dans le stéréoscope.

A. Le Mée.

## SUR LA NATURE DE L'IMAGE LATENTE

La nature de l'image latente sur les haloïdes d'argent, susceptible d'être développée à l'aide de certains révélateurs photographiques n'a pas encore été bien nettement déterminée, en dépit de nombreuses recherches qui ont été faites à ce sujet. La théorie dite des *sous-haloïdes*, mise en avant il y a quelque cinquante ans (1) et maintes et maintes fois combattue, demeure la plus vraisemblable. On suppose que le bromure d'argent ( $\text{AgBr}$ ), même dans une très courte exposition, abandonne une certaine quantité ( $y$ ) de brome de sorte qu'il se forme un ou plusieurs (comme je le suppose aussi) sous-bromures d'argent  $\text{Ag}^x\text{Br}^{x-y}$ , de composition atomique inconnue (2) ; LUTHER est pour la formation d'un seul sous-haloïde  $\text{Ag}^2\text{Br}$  ou  $\text{Ag}^2\text{Cl}$ , suivant le cas, et qui se trouverait en quantité variable, aussi bien dans les images noircies par impression directe que dans l'image latente. LUTHER tient pour invraisemblable (3) l'existence d'un composé solide intermédiaire entre  $\text{Ag}^2\text{Br}$  et  $\text{AgBr}$ , tandis que suivant d'autres données (Carey LEA, E. BAUR (4), GUNTHER) (5), le chlorure d'argent (ou le bromure d'argent) modifié par l'action de la lumière serait un composé de  $\text{Ag}^2\text{Br}$  et de  $\text{AgBr}$  ou de  $\text{Ag}^2\text{Cl}$  et de  $\text{AgCl}$ , et en augmentant le temps d'exposition il y a formation continuelle et de plus en plus considérable du composé noirci.

Toutes ces théories admettent la formation d'un sous-haloïde pendant l'exposition, mais la quantité de brome mise en liberté est si minime qu'elle échappe à tout contrôle. Par opposition à la théorie des sous-haloïdes il en est une autre suivant laquelle la réduction du sous-haloïde d'argent, dans l'image latente, serait poussée jusqu'à ramener l'argent à l'état métallique : cette opinion émise pour la première fois par ARAGO et remise en discussion par ABEGG dans sa *Théorie de l'argent naissant* n'a toutefois guère trouvé de partisans, étant donné l'impuissance où elle se trouve pour expliquer le phénomène du développement photographique.

Une autre théorie, la *Théorie de la structure* de l'image latente, suppose qu'il

(1) CHOISELAT et RATEL émirent en 1843 l'opinion qu'il existait un sous-iodure d'argent dans l'image argentique de Daguerre (conf. EDER, *Ausfur. Handb. d. Phot.*, II, p. 141).

(2) Conf. EDER, *Ausfur. Handb. d. Phot.*, III, 5<sup>e</sup> éd., p. 72.

(3) *Zeitschrift f. Phys. Chemie*, volume 30, p. 680.

(4) Ibidem, Bd. XLV, p. 618.

(5) GUNTHER, *Über das farbenempfindliche Chlor- und Bromsilber* (*Abb. d. naturh. Ges. Nürnberg*, 1904, Bd. XV).



n'y a nullement un dégagement photochimique de brome libéré des molécules de bromure d'argent, mais une simple modification moléculaire, c'est-à-dire un changement du groupement moléculaire complexe de AgBr en un autre plus simple (1).

M. GUNTZ a tout récemment émis l'avis que l'image latente (sur chlorure d'argent) est constituée par une modification physique de AgCl mais qu'il n'y a pas dissociation ni formation de sous-haloïdes, sauf dans le cas où il s'agit d'haloïdes noircis directement à la lumière; ce sous-chlorure ou sous-haloïde est inattaquable par l'acide nitrique, dans l'obscurité (mais non à la lumière) et il est décomposé, par les agents fixateurs avec précipitation d'argent métallique et dissolution de l'haloïde d'argent (GUNTZ).

LUPPO-CRAMER a émis l'opinion que l'image latente était composée de deux substances distinctes, soit (pour la plus petite part correspondant aux portions moins impressionnées) d'une modification allotropique de AgBr, et pour la plus grande part (correspondant aux portions plus vivement impressionnées) d'un composé de sous-bromure d'argent, formé par dissociation de brome. Récemment LUPPO-CRAMER a abandonné son hypothèse la considérant comme n'étant pas suffisamment fondée et il s'est rallié à la théorie des sous-haloïdes. Tous sont donc d'avis que le bromure d'argent noirci directement à la lumière est un sous-haloïde (2).

HARDWICH (3) et plus tard STERRY supposent l'existence de deux substances différentes, dans l'image latente, l'une organique et l'autre inorganique; la substance inorganique serait, suivant cette théorie, détruite par l'hyposulfite, la substance organique au contraire ne le serait pas. HARDWICH faisait reposer sa théorie sur des expériences mal faites. C'est ainsi qu'il croyait à tort que les couches de collodion ioduré perdent toute trace d'image latente au fixage; suivant lui, il ne restait d'image latente, susceptible d'être développée, après fixage que dans les couches formées de matières organiques (albumine, gélatine, etc.); c'est pourquoi il considérait ces matières organiques comme constituants très importants de l'image latente. En réalité, il subsiste dans les couches de collodio-iodure d'argent, et après fixage, une image latente parfaitement développable; l'assertion de HARDWICH est donc erronée (4).

STERRY, sans toutefois essayer de rien prouver, soutint cette thèse que le composant de l'image latente sur le gélatino-bromure d'argent, qui demeure après le fixage est un produit de la décomposition du bromure d'argent et de la gélatine; il ne pouvait sans doute s'expliquer autrement la permanence de l'image latente primaire après fixage (5).

Mais si l'on songe que non seulement la gélatine, mais aussi le collodion bromuré produisent un phénomène identique, même en présence d'acide nitrique concentré ou de nitrate d'argent, l'existence de ce prétendu sous-haloïde combiné

(1) Conf. EDER, *Ausf. Handbl. d. Photog.*, II, 2 Aufl., p. 411.

(2) *Phot. Korrespondenz.*, 1899, p. 276, 332, 403. Conf. SCHAU, *Physik. Zeitsch.*, 1901, p. 538.

(3) HARDWICH, *Manual d. Photog. Chem.*, 1863, p. 37.

(4) Cette théorie a été récemment reprise et fortement défendue par HURTER et DRIEFELD (*Phot. Journal*, janvier 1898); Conf. EDER, *Ausf. Handb. d. Photog.*, Bd. III, 5 Aufl., p. 74.

(5) *Revue des Sciences Photographiques*, 1905, p. 304; *Photographisches Wochenblatt.*, 1905, p. 81 et 89.

avec la gélatine devient des plus problématiques, surtout si l'on étudie de très près la façon dont se comporte l'image latente sur collodio-bromure d'argent vis-à-vis des agents chimiques. Nous nous arrêterons dans la suite de ce travail, relative à l'explication de ces phénomènes que nous avons observés à l'admission de l'existence de divers sous-haloïdes d'argent.

Les partisans de la théorie qui veut que l'image latente soit un produit de dissociation du bromure d'argent, et en particulier les partisans de la théorie des sous-haloïdes tirent leurs conclusions de la façon dont se comporte l'image latente vis-à-vis de l'acide nitrique et de l'hyposulfite de soude, produits qui servent à dissocier le bromure d'argent du sous-bromure, ou comme on l'appelle aussi du *photobromure d'argent* et d'autre part à dissocier ces deux mêmes éléments de l'argent métallique.

La façon dont se comporte le sous-bromure d'argent, obtenu synthétiquement, en présence de l'acide nitrique, a été observée et étudiée complètement par GUNTZ, CAREY LEA, GUNTHER BAUR et autres, mais par contre, nous trouvons sur la façon dont se comporte l'image latente (et par suite le sous-bromure hypothétique formé photochimiquement par une courte action de la lumière) dans le bromure d'argent normal et en présence de l'acide nitrique ou par un traitement alternatif à l'acide nitrique et à l'hyposulfite de soude, des opinions qui se contredisent mutuellement de DAVANNE, LUPPO CRAMER, PRECHT, ENGLISH, etc. Tantôt il est dit que l'image latente est détruite par l'acide nitrique, tantôt on nous dit le contraire. DAVANNE et LUPPO CRAMER disent que l'image latente est complètement détruite par un traitement alternatif à l'acide nitrique et à l'hyposulfite de soude ; PRECHT et ENGLISH déclarent le contraire.

La raison de ces contradictions, c'est que, comme je le démontrerai tout à l'heure, on n'a pas prêté une attention suffisante à mesurer de façon exacte l'intensité de la lumière employée, ce qui est absolument indispensable pour ces réactions délicates. Il semble bien d'autre part, que le sous-haloïde d'argent noirci à la lumière constitue un élément de l'image différant par sa composition de l'image latente propre à être développée, comme il semble qu'il y ait différentes sortes de sous-haloïdes et comme l'admet aussi LUPPO CRAMER.

Dans des expériences précédentes j'avais trouvé qu'il existait certaines sortes d'images latentes, sur collodiobromure d'argent qui se forment sur AgBr sous l'action de la lumière en présence de nitrate d'argent et d'acide nitrique et qui résistent mieux à l'action de l'acide nitrique que l'argent métallique. J'ai publié en 1899 une expérience faite dans ce sens (1) et m'en suis servi comme d'un puissant argument en faveur de la théorie des sous-haloïdes qui était alors attaquée de différents côtés. LUPPO CRAMER confirma ces données pour le bromure d'argent contenant du nitrate d'argent, mais il déclara que l'image latente formée sur le collodio-bromure d'argent pur était détruite par l'acide nitrique pur ; mais ayant moi-même exposé à la lumière du collodio-bromure d'argent en présence d'acide nitrique concentré, j'ai obtenu une image latente que j'ai pu développer ; cet acide ne peut donc détruire complètement l'image latente. Malgré ces données et

(1) *Phot. corr.*, 1899, p. 277.

beaucoup d'autres qui parurent ensuite nous ne trouvons, dans la littérature spéciale, aucunes données certaines sur la permanence du bromure d'argent pur ou contenant un excès de nitrate fortement impressionné et mis en présence d'agents chimiques divers et développé ensuite.

Je démontrerai que dans tous les cas contestés la résistance de la substance constituant l'image latente aux agents chimiques tels que l'acide nitrique et l'hypo-sulfite de soude dépend en grande partie de la durée et de l'intensité de l'impression. Si l'on effectue des recherches en tenant compte de ce facteur on voit s'évanouir beaucoup d'objections qui étaient soulevées jusqu'à présent contre la théorie des sous-haloïdes.

### Résistance de l'image latente sur AgBr en présence de l'acide nitrique

Nous n'avons pas de mesures certaines relatives aux rapports qui existent entre l'impression photométrique de l'image latente et sa permanence en présence de l'acide nitrique. Pour rechercher quels sont ces rapports je choisis une plaque au collodio-bromure d'argent ayant reçu une impression progressive : j'employai un photomètre à échelons et un bec Auer brûlant sous une pression régulière et constante, ayant une intensité optique de 66 unités de Hefner et pour le gélatino-bromure une activité chimique de 160 unités de Hefner. L'impression des plaques au collodio-bromure, relativement peu sensibles, était effectuée à une distance de 40 à 50 cm. et pendant 1 à 5 minutes : l'intensité lumineuse utilisée pouvait ainsi être facilement calculée et elle variait, dans ces expériences, de 6 à 162 unités de Hefner-secondes (S. M. H.) Dans d'autres expériences j'utilisai un ruban de magnésium enflammé de 1/2 à 1 m. de longueur, de façon à obtenir de 1/4 à 1.000 000 S. M. H. pour me rapprocher davantage de la solarisation.

Je préparerai en outre différentes couches de collodio-bromure d'argent, soit avec soit sans addition de solution de nitrate d'argent.

Il a été fait en outre différents essais avec des émulsions au collodio-bromure d'argent, les unes avec, les autres sans excès de nitrate d'argent, et qui, exposées à la lumière, soigneusement lavées, ont servi (à l'état humide) à la détermination du « point d'inertie », et à l'établissement de l'échelle qui s'y rapporte, en admettant un temps de pose normal et un développement normal soit chimique (Glycine-potasse), soit physique (Sulfate de fer et nitrate d'argent). Il a été fait usage également d'émulsions commerciales au collodion du Dr E. ALBERT, de Munich.

Le « point d'inertie » variait, suivant le degré de maturation du bromure d'argent de la façon que tout le monde sait, de 20 à 1000 B. M. S. (unités de Hefner avec le bromure d'argent pur, non sensibilisé ; en imprégnant la couche de collodio-bromure d'argent d'une solution de nitrate d'argent, la sensibilité de la plaque au collodio-bromure était accrue de 4 à 12 fois, suivant le degré de mûrissement du bromure d'argent. On peut du reste avoir une idée d'ensemble des résultats fournis par les recherches sensito-photométriques, si l'on soumet les différentes émulsions de bromure d'argent à l'action d'une quantité de lumière correspondant au point d'inertie, puis en doublant l'impression, en la triplant, en

employant en un mot une quantité de lumière qui soit un multiple de celle nécessaire pour dépasser le point d'inertie de l'émulsion. On trouve ainsi, que les émulsions au collodio-bromure, plus ou moins mûries et soumises à l'action d'un révélateur physique (Sulfate de fer et nitrate d'argent) et principalement quand l'émulsion a été imprégnée, avant exposition d'une solution de nitrate d'argent, demandent de 2 à 5 fois moins de lumière que celles développées chimiquement (Glycin-potasse) ; on peut de cette façon comparer et formuler d'une manière précise l'action destructive des agents chimiques sur l'image latente, suivant le degré d'impression photométrique.

Dr J.-M. EDER.

(A suivre).

---

# SUR LA COMPOSITION DE LA GÉLATINE IMPRÉGNÉE DE BICHROMATE DE POTASSIUM

INSOLUBILISÉE PAR LA LUMIÈRE  
ET SUR LA THÉORIE DE CETTE INSOLUBILISATION

Par A. et L. Lumière et A. Seyewetz

---

EDER a montré, dans un travail resté classique (1), que la lumière exerce une action réductrice sur le bichromate de potassium en présence de gélatine et donne naissance à du sesquioxyde de chrome. Celui-ci réagit sur l'excès de bichromate alcalin en formant du chromate de chrome, qui se décompose sous l'action prolongée de la lumière et se transforme totalement en sesquioxyde de chrome.

Les expériences d'Eder donnent bien une conception précise du phénomène de l'insolubilisation produite par l'action de la lumière sur la gélatine imprégnée de bichromate de potassium, mais ne permettent pas de tirer de conclusions sur la composition exacte de la gélatine insolubilisée.

Dans le but d'arriver plus sûrement à cette détermination, nous avons d'abord recherché, dans un travail antérieur (2), la composition de la gélatine insolubilisée directement par le sesquioxyde de chrome (à l'état d'oxyde ou de sels). On sait qu'on peut attribuer à ce corps l'action principale dans le phénomène d'insolubilisation par la lumière. Nous avons montré que la gélatine fixe l'oxyde de chrome et donne un produit d'une composition parfaitement définie (3).

Dans la présente étude, nous nous sommes proposés d'élucider les points suivants :

1° La lumière agissant sur la gélatine imprégnée de bichromate de potassium, réduit-elle seulement ce dernier à l'état de sesquioxyde de chrome, comme l'a indiqué Eder ?

2° La composition de la gélatine bichromatée insolubilisée correspond-elle à une combinaison définie ou bien varie-t-elle avec la concentration de la solution de bichromate et la durée d'exposition à la lumière ?

## Hypothèses relatives à l'action de la lumière sur la gélatine bichromatée.

L'hypothèse qui nous paraît *à priori* la plus vraisemblable considère l'insolubilisation comme résultant de la réduction du bichromate en sesquioxyde de chrome.

(1) EDER, *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Vienne et Photographische Correspondenz*. Année 1878. *Revue des Sciences photographiques*, 1905.

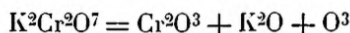
(2) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXIX, p. 1077 (1903) et *Revue des Sciences photographiques*, mars 1905.

(3) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXIX, p. 1085.



Ce corps insolubilise la gélatine beaucoup mieux que ses sels ainsi que nous l'avons signalé (1).

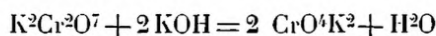
Cette première phase de la réaction peut être représentée par l'équation suivante :



On peut supposer que l'oxygène se dégage ou qu'il est absorbé par la gélatine et participe à son insolubilisation. Eder a montré que la composition centésimale de la gélatine ne change pas après l'insolubilisation, ce qui prouve qu'elle n'absorbe pas l'oxygène.

De plus, on peut produire instantanément l'insolubilisation à partir du bichromate de potassium et d'un réducteur quelconque susceptible d'absorber l'oxygène (sulfites alcalins, hydrogène sulfuré).

L'alcali qui prend naissance réagit sans doute sur une quantité correspondante de bichromate non décomposé pour donner du chromate neutre d'après l'équation



Ce chromate neutre peut également agir sur la gélatine en présence de la lumière, mais d'une manière extrêmement lente, pour donner sans doute les mêmes produits de décomposition :  $2\text{CrO}^4\text{K}^2 = \text{Cr}^2\text{O}^3 + 2\text{K}^2\text{O} + \text{O}^3$  (2).

Enfin le sesquioxyde de chrome produit peut réagir sur le bichromate en excès pour former du chromate de chrome



## PARTIE EXPÉRIMENTALE

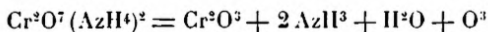
Nous avons recherché expérimentalement s'il y a bien, dans ces réactions, formation de potasse et de chromate de chrome. Pour caractériser ce dernier composé, nous avons non seulement répété les expériences d'Eder, mais nous les avons complétées par de nouveaux essais permettant, croyons-nous, de fixer la question d'une façon plus certaine.

a) *Recherche de la libération d'alcali.* — Pour prouver qu'il y a libération d'alcali dans l'action de la lumière sur la gélatine bichromatée, on a plongé pendant une demi-heure trois séries de six plaques de verre  $13 \times 18$  recouvertes d'une couche mince de gélatine dans une solution de bichromate de potassium à 3 %. Après dessiccation dans l'obscurité, on a exposé chaque série pendant des temps croissant de 2 heures à 12 heures.

On a ensuite lavé les plaques quatre fois avec 300 cc. d'eau froide et dans la

(1) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXIX, p. 1083.

(2) Lorsqu'on substitue le bichromate d'ammonium aux bichromates de potassium et de sodium, le chromate neutre qui peut prendre naissance avec l'ammoniaque qui se dégage pendant la décomposition, n'est pas stable comme avec les alcalis fixes et ne retarde pas la réduction du bichromate par la lumière. On peut supposer que la transformation du bichromate d'ammonium en  $\text{Cr}^2\text{O}^3$  se poursuit d'une façon continue d'après l'équation :



solution de bichromate ainsi obtenue, on a déterminé le rapport du chrome à la potasse puis on a dosé comparativement ces deux corps dans la solution de bichromate employée pour la sensibilisation.

Voici les résultats de ces dosages :

	Cr <sup>2O3</sup> p. % gr. de bichromate
Après 2 heures d'exposition . . . . .	50,51
— 6 — — . . . . .	48,79
— 12 — — . . . . .	48,57
Bichromate de potassium pur employé pour la sensibilisation . . . . .	52,4
Calculé pour K <sup>2</sup> Cr <sup>2O7</sup> . . . . .	51,86

Comme la quantité de chrome renfermée dans le bichromate diminue à mesure que la durée d'exposition augmente, on peut conclure que l'action de la lumière libère de l'alcali dont la quantité croît avec la durée d'exposition.

b) *Recherche de la formation du chromate de chrome.* — Afin de déterminer si le sesquioxyde de chrome réagit sur l'excès de bichromate pour former du chromate de chrome, Eder lave à l'eau chaude la gélatine insolubilisée jusqu'à ce que l'eau ne soit plus colorée, puis il reprend plusieurs fois la gélatine par l'eau ammoniacale chaude qui extrait l'acide chromique.

Nous avons reconnu que cette méthode permet bien de constater la présence de l'acide chromique, mais non de le doser, car l'ammoniaque à chaud dissout également une quantité notable de gélatine, qui entraîne du sesquioxyde de chrome. En outre, la quantité de sesquioxyde qui se dissout ainsi, varie avec le degré de perméabilité de la gélatine chromée, la durée du contact avec la liqueur ammoniacale, la température de celle-ci et le nombre des traitements. D'autre part, nous avons constaté que par un nombre suffisant de lavages à l'eau chaude, on peut, dans la plupart des cas, éliminer la presque totalité de l'acide chromique qu'Eder suppose être à l'état de chromate de chrome. Comme à la fin des lavages, on ne trouve plus de potasse dans les eaux, qui renferment encore des quantités notables d'acide chromique, on peut supposer que l'eau chaude dissocie lentement le chromate de chrome formé.

Il n'est donc pas possible de déterminer le rapport de l'acide chromique au sesquioxyde de chrome et de s'assurer qu'il s'agit d'un chromate de chrome défini.

Dans les divers essais qui vont suivre on a néanmoins tenté de déterminer l'acide chromique par la méthode d'Eder. Voici le mode opératoire suivi dans les différentes expériences.

La gélatine étendue en couche très mince sur plaques de verre, après avoir été sensibilisée et exposée dans des conditions variables, est détachée par raclage, puis lavée un grand nombre de fois à l'eau chaude (80°) et pressée dans un nouet après chaque lavage jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit plus colorée. La gélatine est ensuite séchée puis divisée en deux parties : l'une est incinérée et pesée, ce qui donne le poids de chrome total (Cr<sup>2O3</sup>) plus celui des cendres de la gélatine ; l'autre est pesée et épuisée ensuite par l'eau ammoniacale chaude au 1/5. Le liquide d'épuisement est évaporé à sec, puis le résidu est calciné ; on obtient ainsi le sesquioxyde

de chrome provenant de l'acide chromique, plus le sesquioxyde de chrome entraîné (1). Le sesquioxyde de chrome, avant d'être pesé, est purifié de la manière suivante :

On les fond avec de la potasse en présence de chlorate de potassium, on reprend par l'eau le chromate formé, on le réduit par l'acide chlorhydrique et l'alcool, puis on précipite  $\text{Cr}^2\text{O}^3$  par l'ammoniaque et on le pèse (2).

*Formation du chromate de chrome à partir du sesquioxyde de chrome précipité.* — A l'appui de sa théorie, Eder a montré que si l'on fait digérer du sesquioxyde de chrome précipité dans une solution de bichromate de potassium, ce dernier est décomposé à froid avec formation de chromate de chrome. Pour vérifier cette réaction, nous avons répété l'expérience en laissant pendant deux jours le sesquioxyde dans la quantité théorique correspondante de bichromate et en agitant fréquemment. On a déterminé d'une part, dans la solution de bichromate, le rapport du chrome au potassium et d'autre part, dans l'oxyde de chrome, après lavage complet, les quantités respectives de sesquioxyde de chrome, d'acide chromique et de potassium.

#### Analyse du bichromate après digestion de $\text{Cr}^2\text{O}^3$

TABLEAU I

Analyses	2 $\text{CrO}^3$	$\text{K}^2\text{O}$		2 $\text{CrO}^3$	$\text{K}^2\text{O}$
n° 1	64,07	35,93	Résultats calculés pour $\text{K}^2\text{Cr}^2\text{O}^7$ (bichromate)	68,01	31,99
n° 2	64,51	35,49	— — — $\text{K}^2\text{CrO}^4$ (chromate neutre)	51,54	48,46
			— trouvés avec bichromate pur	67,58	32,42

S'il s'était formé du chromate de chrome  $\text{Cr}^2\text{O}^3, \text{CrO}^3$ , le bichromate devrait être à l'état de chromate neutre : or, l'analyse paraît montrer que cette transformation est à peine appréciable.

Le sesquioxyde de chrome ayant digéré dans le bichromate, a été lavé 200 fois environ à l'eau chaude pour éliminer toute trace de bichromate. L'eau garde cependant une légère coloration jaunâtre qui reste constante malgré ces nombreux lavages.

(1) Pour compléter les expériences d'EDER, nous avons supposé que l'acide chromique provient peut-être du bichromate de potassium retenu par la gélatine et que l'eau ne suffit pas à éliminer. Nous avons vérifié cette hypothèse en cherchant la présence de la potasse d'une part dans le liquide ammoniacal, d'autre part dans la gélatine chromée épuisée par l'ammoniaque (cette dernière a été incinérée, puis le résidu dissous dans l'acide chlorhydrique concentré et le chrome précipité par l'ammoniaque). On n'a décélé aucune trace de potasse, ce qui tend à prouver que l'acide chromique n'est pas retenu à l'état de bichromate.

(2) Le sesquioxyde de chrome total résulte de la somme du sesquioxyde de chrome extrait sans ammoniaque et de celui obtenu en traitant par l'ammoniaque l'acide chromique.

Dans le précipité ainsi lavé, on dose, comme nous l'avons indiqué plus haut, le sesquioxyde de chrome pur, l'acide chromique et la potasse.

Voici les résultats de l'analyse pour 100 gr. de précipité :

Trouvés :		Calculés pour $\text{Cr}^2\text{O}^3, \text{CrO}^3$	
$\text{Cr}^2\text{O}^3$	. . . . .	$\text{Cr}^2\text{O}^3$	. . . . . 60,47
$\text{Cr O}^3$	. . . . .	$\text{Cr O}^3$	. . . . . 39,53
Potassium.	. . . néant.		

### Détermination de la composition de la gélatine insolubilisée.

a) *Influence de la concentration de la solution de bichromate.* — Nous avons d'abord déterminé cette composition en sensibilisant les plaques gélatinées dans la solution de bichromate de potassium permettant d'obtenir, après le temps le plus court, l'insolubilisation avec la plus faible concentration possible. En essayant successivement des concentrations variant de 0,025 à 1 % nous avons trouvé qu'il faut employer une solution au moins à 0,1 % pour que la gélatine résiste à l'eau bouillante. Nous avons examiné si, en employant des solutions diluées de bichromate d'une teneur variant entre 0,1 et 1 %, la quantité totale de chrome fixée variait notablement avec la concentration pour la durée d'exposition nécessaire à l'insolubilisation.

Voici les résultats des analyses :

TABEAU II

		Quantité de $\text{Cr}^2\text{O}^3$ fixée par 100 gr. de gélatine après le temps minimum nécessaire pour produire l'insolubilisation.
Sensibilisation avec bichromate à 0,1 % . . . .		0,39
» » 0,5 % . . . .		0 87
» » 1 % . . . .		1 80

b) *Influence de la durée d'exposition et quantité maxima de chrome que peut fixer la gélatine.* — Nous avons immergé des plaques de verre gélatinées dans des solutions de bichromate de potassium au maximum de concentration que nous avons reconnu pouvoir être employé sans désorganiser la gélatine (7 %).

Des séries de six plaques gélatinées  $13 \times 18$  ont été immergées pendant une demi-heure dans une solution de bichromate à 7 % et sept séries ont été exposées simultanément à la lumière pendant des temps variant de six heures à sept semaines. L'exposition terminée, on a traité la gélatine comme précédemment en dosant le sesquioxyde de chrome et l'acide chromique.

Voici les résultats de ces essais rapportés à 100 gr. de gélatine insolubilisée :

**Analyses de la gélatine chromée sensibilisée dans une solution de bichromate de potassium à 7 % et exposée à la lumière pendant des temps variables.**

TABLEAU III

DURÉE d'EXPOSITION	Acide chromique et sesquioxyde de chrome extrait par l'ammoniaque cal- culés en $\text{CrO}^3$ .	SESQUIOXYDE de chrome NON EXTRAIT PAR l'ammoniaque	SESQUIOXYDE de chrome TOTAL	CENDRES	GÉLATINE (par différence)
6 heures . . . .	3,27	2,98	5,48	0,28	93,47
12 heures . . . .	2,97	5,09	7,36	0,1	91,84
24 heures . . . .	1,26	6,46	7,42	0,06	92,21
3 jours . . . . .	1,51	6,73	7,88	0,23	91,52
8 jours . . . . .	1,67	6,81	8,08	0,80	90,7
3 semaines . . . .	0,32	8,80	9,04	0,14	90,73
7 semaines . . . .	Pas dosé	Pas dosé	9,9	Pas dosé	Pas dosé

Dans une série de déterminations comparables aux précédentes, on a sensibilisé la gélatine dans une solution de bichromate de potassium à 3 % et on a constaté qu'au-dessus de cette limite, la concentration ne paraît pas influer notablement sur la quantité totale de chrome que peut fixer la gélatine. Cette quantité augmente avec la durée d'exposition, mais elle semble rester stationnaire après avoir atteint 10 % environ.

Les expériences précédentes montrent que dans l'action de la lumière sur la gélatine imprégnée de bichromate de potassium, on peut admettre, comme nous l'avons supposé, que l'acide chromique est réduit à l'état de sesquioxyde de chrome et que la potasse est libérée. Elle forme, avec l'excès de bichromate de potassium, du chromate neutre dont la quantité augmente avec la durée d'exposition. A mesure que celle-ci se prolonge, la réduction du bichromate devient de plus en plus lente.

La formation de chromate de chrome par réaction du sesquioxyde de chrome sur l'excès de bichromate est également confirmée par nos expériences, mais sans qu'il soit possible de prouver par l'analyse que le composé formé répond à la composition du chromate de chrome normal  $\text{Cr}^2\text{O}^3, \text{CrO}^3$ .

Les analyses donnent, en effet, toujours des résultats correspondant à un composé renfermant très peu d'acide chromique par rapport au sesquioxyde de chrome. Elles ne peuvent, du reste, offrir aucune garantie d'exactitude pour les raisons que nous avons déjà indiquées. L'action du sesquioxyde de chrome précipité sur le bichromate de potassium ne permet pas non plus d'admettre la formation du chromate de chrome normal. La quantité de chrome que fixe la gélatine bichromatée insolubilisée par la lumière n'est pas constante comme dans l'insolubilisation



directe par le sesquioxyde de chrome. Elle varie avec la concentration de la solution de bichromate et la durée d'exposition à la lumière. Sa teneur en sesquioxyde de chrome peut varier de 0,39 à 10 gr. pour 100 gr. de gélatine.

Dans cette teneur n'est pas compris l'acide chromique qui a pu être retenu à l'état de chromate de chrome et s'éliminer dans les lavages à l'eau chaude, lavages nécessaires pour enlever toute trace de bichromate en excès.

La quantité maxima de chrome que retient la gélatine bichromatée insolubilisée par la lumière est environ trois fois plus grande que celle qui se fixe sur la gélatine insolubilisée directement par les sels de sesquioxydes de chrome.

On peut supposer que l'action de la lumière sur la gélatine bichromatée a lieu en deux phases. Dans la première, la quantité de chrome voisine de 3,5 % qui correspond à l'insolubilisation directe par les sels de sesquioxyde de chrome, se fixe : cette quantité intervient sans doute seule dans le phénomène d'insolubilisation. Dans la deuxième phase, la réduction du bichromate se poursuit sous l'action de la gélatine, comme avec toute autre matière organique. La quantité d'oxyde de chrome formée dans cette deuxième phase croît avec la durée d'exposition à moins que la formation d'une proportion suffisante de chromate neutre, difficilement réductible par la lumière, vienne ralentir la décomposition. Cette limite de réductibilité n'existe pas avec l'acide chromique ou le bichromate d'ammoniaque, ces corps ne donnant pas de chromate neutre stable. La formation de chromate de chrome qui peut avoir lieu soit pendant la première, soit pendant la deuxième phase, paraît dans tous les cas n'être que très faible, et d'après les analyses ce composé est loin de répondre à la formule  $\text{CrO}_3, \text{Cr}^{2}\text{O}_3$ .

## CONCLUSIONS

On peut tirer de cette étude les conclusions suivantes :

1° La gélatine insolubilisée par la lumière en présence de bichromate de potassium renferme du sesquioxyde de chrome et de la potasse qui forme avec l'excès de bichromate un chromate neutre peu sensible à la lumière.

2° Cette gélatine diffère notablement dans sa composition de celle qui est insolubilisée par les sels de sesquioxyde de chrome. L'oxyde de chrome qu'elle renferme paraît formé de deux parties : l'une fixe (correspondant à 3,5 % de gélatine chromée) comparable à l'oxyde que retient la gélatine dans l'insolubilisation par les sels de sesquioxyde de chrome, l'autre variable avec la durée d'exposition et provenant de la réduction à la lumière du bichromate par la matière organique.

3° La quantité d'oxyde de chrome que renferme la gélatine insolubilisée croît avec la durée d'exposition, mais sans lui être proportionnelle. Cet accroissement devient de plus en plus faible à mesure que la quantité de chromate neutre augmente.

4° La décomposition du bichromate en excès par le sesquioxyde de chrome avec formation de chromate de chrome, comme l'indique EDER, paraît être très partielle. En raison de l'instabilité de cette substance, l'analyse ne peut pas donner d'indication précise sur sa composition.

# SUR LA COMPOSITION DE LA GÉLATINE INSOLUBILISÉE PAR LA LUMIÈRE

*En présence de l'acide chromique et des principaux bichromates métalliques*

Par A. et L. Lumière et A. Seyewetz

Nous avons déterminé précédemment la composition de la gélatine insolubilisée par le bichromate de potassium sous l'influence de la lumière.

Le présent travail a pour but d'étudier comment varie la composition de la gélatine bichromatée, pour une même durée d'exposition, quand on remplace le bichromate de potassium par les principaux bichromates métalliques ou par l'acide chromique. Les essais ont été effectués comme nous l'avons indiqué pour le bichromate de potassium, la gélatine étant coulée en couche mince sur des plaques de verre. On a employé les solutions de divers bichromates métalliques renfermant des quantités de chrome correspondant à 3 % de  $K^2Cr^2O_7$ . Toutes les plaques ont été sensibilisées pendant le même temps, séchées, puis exposées simultanément pendant environ neuf heures. Après insolation, la gélatine insolubilisée a été détachée du verre, puis soumise à l'analyse en opérant comme nous l'avons indiqué dans notre étude précédente et en dosant les divers métaux que la gélatine retient en même temps que le chrome.

Voici les résultats de ces analyses rapportés à 100 gr. de gélatine bichromatée.

TABLEAU I

NOM DU BICHROMATE AYANT SERVI A LA SENSIBILISATION	Acide chromique et sesquioxyde de chrome ex- traits par l'am- moniaque cal- culés en $CrO_3$	SESQUIOXYDES de chrome NON EXTRAIT PAR L'AMMONIAQUE	DIVERS OXYDES métalliques	CENDRES	SESQUIOXYDE de chrome total	GÉLATINE OBTENUE PAR différence
Acide chromique. . . .	0,82	10,46	Néant	0,22	11,09	88,49
Bichromate d'ammonium	0,2	13,99	Néant	0,42	14,14	85,38
Bichromate de potassium	0,36	7,34	Néant	0,33	7,61	91,97
Bichromate de sodium .	0,97	9,69	Néant	0,47	10,43	88,77
Bichromate de lithium .	0,14	11,60	Néant	0,58	11,71	87,67
Bichromate de cuivre . .	0,46	8,51	CuO 7,17	»	8,86	83,85
Bichromate de zinc . . .	0,49	8,48	ZnO 3,88	0,76	8,85	86,38
Bichromate de baryum . .	1,2	9,06	BaO : 3,5		9,97	85,23
Bichromate de plomb . .	0,42	6,55	PbO : 1,96		6,87	90,63
Bichromate d'aluminium	0,76	11,93	$Al^2O_3$ 0,82	0,11	12,69	86,37
Bichromate de fer . . .	Néant	0,93	$Fe^2O_3$ 1,24	1	0,93	85,66

L'acide chromique et le bichromate d'ammoniaque ne donnant pas naissance,

comme les bichromates alcalins, à un chromate neutre stable (1) beaucoup plus difficilement réductible par la lumière que les bichromates initiaux, nous avons examiné si l'action prolongée de la lumière détermine la production de quantités d'oxyde de chrome notablement plus grandes avec les premiers qu'avec les derniers.

Dans ce but, on a opéré, comme dans les expériences précédentes, en sensibilisant les plaques gélatinées avec des solutions de bichromate d'ammonium et d'acide chromique à 3 %.

Voici les quantités totales de sesquioxyde de chrome trouvées.

TABLEAU II

DURÉE D'EXPOSITION	Quantité de $\text{Cr}^2\text{O}^3$ totale contenue dans 100 grammes de gélatine insolubilisée.			
	Bichromate d'ammonium		Acide chromique	
1 heure . . . . .	$\text{Cr}^2\text{O}^3$ %	13,65	$\text{Cr}^2\text{O}^3$ %	11,25
10 heures. . . . .		17,55		14,7
3 jours . . . . .		18,4		15,2

Ces résultats montrent que, en présence de gélatine, l'acide chromique et surtout le bichromate d'ammonium paraissent beaucoup plus facilement réductibles par la lumière que le bichromate de potassium. On obtient, en effet, avec ce dernier, après sept semaines d'exposition, une quantité de sesquioxyde de chrome voisine de 10 %, tandis qu'avec les premiers cette quantité est déjà supérieure à 10 % après une heure d'exposition. Le bichromate d'ammonium semble aussi plus facilement réduit à la lumière que les divers bichromates métalliques.

Les teneurs en chrome de la gélatine insolubilisée par les divers autres bichromates métalliques sont assez voisines. Dans tous les cas, la proportion en acide chromique extractible par l'ammoniaque (correspondant à la formation du chromate de chrome) après lavage complet à l'eau chaude, paraît être très faible. Enfin un grand nombre de gélatines insolubilisées renferment des oxydes métalliques en quantités notables. Dans le cas particulier du fer, par exemple, la gélatine fixe très peu de sesquioxyde de chrome et beaucoup de sesquioxyde de fer.

(1) On peut supposer que l'ammoniaque se dégage peu à peu au fur et à mesure de la décomposition du bichromate d'ammonium, par suite de l'instabilité du chromate neutre d'ammonium.

# SUR LA COMPOSITION DE LA GÉLATINE BICHROMATÉE

## INSOLUBILISÉE SPONTANÉMENT DANS L'OBSCURITÉ

PAR A. ET L. LUMIÈRE ET A. SEYEWETZ

Dans une communication précédente nous avons déterminé la composition de la gélatine imprégnée de bichromate de potassium et insolubilisée par la lumière.

La présente étude a eu pour objet de déterminer la composition de la gélatine bichromatée, insolubilisée spontanément dans l'obscurité.

Nous avons envisagé les deux cas suivants :

*a.* Insolubilisation produite lentement à la température ordinaire ;

*b.* Insolubilisation produite rapidement à la température de 120°.

Dans les deux cas, la gélatine étendue sur verre en couche mince, dans des conditions comparables à celles indiquées dans notre précédente étude, a été traitée par une solution de bichromate de potassium à 30 pour 100.

En suivant chaque jour la marche de l'insolubilisation, il arrive un moment où la gélatine supporte, sans fondre, des traitements répétés par l'eau à 80°. C'est alors que la gélatine insolubilisée est soumise à l'analyse. Dans ce but, la gélatine est détachée des verres par raclage puis lavée par décantation à l'eau froide d'abord, ensuite à 80° jusqu'à ce que celle-ci soit complètement incolore. Dans le cas de l'insolubilisation à la température ordinaire la gélatine se décolore totalement.

Dans les expériences faites à 120°, la gélatine conserve après lavage l'aspect qu'elle présente lorsqu'elle a été insolubilisée par la lumière. Les dosages ont eu lieu comme nous l'avons déjà indiqué.

Voici les résultats de ces analyses rapportés à 100 gr. de gélatine sèche :

MODE DE PRODUCTION de l'insolubilisation dans l'obscurité	ACIDE CHROMIQUE extrait par l'ammoniaque calculé en CrO <sup>3</sup>	SESQUIOXYDE DE CHROME		CENDRES	GÉLATINE
		TOTAL	NON EXTRAIT PAR l'ammoniaque		
A la température ordinaire :					
Après 1 mois . . . . .	Néant	0,67	0,67	1,19	98,13
Après 2 mois . . . . .	Néant	0,93	0,93	0,46	98,59
Après 4 mois 1/2 . . . . .	Néant	1,15	1,15	0,22	98,61
A la température de 120° :					
Après 1 jour. . . . .	0,54	8,68	9,11	0,06	90,71
Après 6 jours . . . . .	2,72	20,59	22,7	0,1	76,58

Nous avons examiné comparativement l'insolubilisation de la gélatine étendue d'une part, sur plaque de verre, d'autre part, sur papier. Nous avons pu constater, par des traitements à l'eau chaude, que l'insolubilisation sur papier suit à peu près la même marche (toutefois avec une rapidité un peu plus grande) que sur verre. Les analyses ne sauraient donner des résultats précis dans le cas du papier à cause de l'impossibilité d'isoler complètement la couche de son support, aussi nous sommes-nous bornés à retenir les résultats obtenus sur verre.

Ces résultats montrent que la gélatine bichromatée insolubilisée spontanément dans l'obscurité renferme une quantité de sesquioxyde de chrome beaucoup plus faible que si son insolubilisation est produite par la lumière. Cette quantité ne croît que lentement avec le temps, puisqu'elle est de 0,67 après 1 mois et seulement de 1,15 pour 100 après 4 mois  $\frac{1}{2}$  tandis que quelques heures d'exposition à la lumière suffisent pour élever cette teneur au-dessus de 5 pour 100. En outre, la gélatine insolubilisée spontanément, même après 4 mois  $\frac{1}{2}$ , ne résiste pas complètement à l'action de l'eau bouillante.

Par contre, la gélatine insolubilisée à 120° résiste complètement à l'action de l'eau bouillante, mais elle est désorganisée partiellement, car elle se réduit en fragments très fins qui passent facilement à travers les filtres dans les traitements par l'eau chaude.

Dans la gélatine ainsi traitée comme dans celle insolubilisée par la lumière, il y a sans doute une partie de sesquioxyde de chrome qui ne participe pas à l'insolubilisation et qui provient de la réduction directe du bichromate par la matière organique.

---



## REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

*Influence de la durée du développement sur le noircissement de la plaque photographique.* — CHIRI OTSUKI.

La durée du développement est, parmi les divers facteurs (temps de pose, éclairage, composition du révélateur, nature de l'émulsion, etc.), qui influent sur le noircissement de la plaque photographique, un des plus importants.

L'auteur a effectué deux séries d'essais, avec un révélateur à l'édixil et avec un révélateur à l'oxalate ferreux: quatre bandes étroites, coupées dans une même plaque, étaient exposées en même temps dans le châssis sensitométrique et des rectangles, de un centimètre de longueur chacun, étaient exposés à la fois à la lumière d'une lampe étalon à l'acétate d'amyle de Hefner, pendant des temps variant de 1 Hefner-mètre-seconde à 153, 600 H. m. s; deux des fragments étaient développés à l'édixil, les deux autres à l'oxalate ferreux. Le développement était effectué chaque fois avec une même quantité de révélateur à la température constante de 10°, puis les plaques étaient fixées par immersion de dix minutes dans une solution d'hyposulfite à 20 0/0 et lavées une heure à l'eau courante. Les durées de développement étaient successivement de 10, 20, 60, 80, 160 et 320 secondes.

Les densités étaient mesurées avec le photomètre de polarisation de Martens et calculées au moyen de la formule de Martens et Micheli :

$$D_r = 2 (\log \tan \alpha - \log \tan S)$$

$D_r$ , étant la densité relative de la plaque développée,  $\alpha$  l'angle de rotation des nicols pour amener les deux moitiés du champ au même éclairage,  $S$  le même angle de rotation dans le cas d'une bande de la même plaque développée sans avoir reçu l'action de la lumière.

Les conclusions de ce travail sont les suivantes :

1° La densité d'une image photographique est, pour une même lumination, d'autant plus grande que la durée du développement, dans un même révélateur est elle-même plus grande ;

2° Quand le développement est très écourté, des variations même considérables de la lumination n'entraînent que de faibles variations de la densité ;

3° Quand la durée du développement s'accroît, la dérivée du noircissement, relativement à la lumination :

$$\frac{d D_r}{d \log (i \times t)}$$

s'accroît aussi ;

4° Toutes autres circonstances restant les mêmes, la densité donnée par l'oxalate ferreux est plus faible que celle donnée par l'édinol aux débuts du développement ; mais elle devient, au contraire, la plus grande, quand le développement est prolongé ;

5° Dans la limite des luminations normales, le rapport des densités acquises par

deux fragments de la plaque après deux durées déterminées de développement, est un nombre constant, indépendant de la lumination ;

6° A température constante, la densité est proportionnelle à une certaine puissance de la durée du développement, soit donc une fonction exponentielle de cette durée ;

7° La densité correspondant à une lumination  $i \times t$  déterminée, développée pendant le temps  $2^n \times T$  est égale à celle fournie en développant seulement pendant le temps  $T$  une lumination  $C \times i \times t$ ,  $C$  étant une constante.

(*Journal of the Chem Ind*, 1905, *British Journal of Photography*, 23 juin 1905, p. 490, et *La Photographie française*, tome XVII, n° 51, page XXXVIII).

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

**Introduction à l'étude de la chimie**, par le D<sup>r</sup> Maurice de THIERRY. Paris, G. Masson, éditeur, un volume broché : 10 fr.

Cet ouvrage reproduit les leçons, légèrement modifiées ou augmentées, que l'auteur a professées à l'Université de Fribourg sur des *questions choisies de chimie générale*. La partie historique, négligée à tort aujourd'hui, est très développée dans ce livre très complet, illustré de nombreuses planches et figures dessinées avec le plus grand soin.

Nous nous contenterons de reproduire ici la partie de la table des matières relative à l'électricité et à l'optique, afin de montrer à nos lecteurs que c'est l'ouvrage de chimie le plus complet en ce qui touche les actions de la lumière et des diverses radiations nouvellement découvertes :

*Energie électrique*. Électrochimie. Électrolyse. Les ions. Anode et cathode. Applications de la théorie des ions. Ions de l'atmosphère, ionisation des flammes. Ionophysiologie. Propriétés du courant électrique. Effets chimiques, calorifiques et lumineux. Rayons cathodiques. Rayons X. Radiographie et radioscopie. Fluoroscopie et endodiascopie. *Energie acoustique*. Influence des vibrations sonores sur les actions chimiques. — *Energie optique*. Photographie. Héliochromie. Luminescence. Photoluminescence. Phosphorescence. Fluorescence. Thermo, électro, catho, frigo, cryo, cristallo, lyo, chimi, tribo et physioluminescence. Rayons uraniques. Radioactivité de la matière Émanation. Électrons. Rayons N et Rayons N<sub>1</sub>. Radiations de Le Bon. Analyse spectrale Spectroscopes. Hémaspectroscopes, monochromatroscope. Spectrophotométrie. Colorimétrie. Spectrocolorimétrie. Chromatométrie.

**Traité d'analyse chimique qualitative des manipulations et opérations chimiques, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus. Essais au chalumeau, analyse des eaux potables, des eaux minérales, des terres, des engrais, etc. Recherches chimico-légales, analyse spectrale, analyse microchimique** par R. FRÉSENIUS, directeur de l'Institut de Chimie de Wiesbaden. *Onzième édition française*, rédigée d'après la seizième édition allemande, revue et mise au courant des travaux les plus récents, par le D<sup>r</sup> L. GAUTIER. 1 vol. in-8°, de vi-769 pages, avec 91 figures dans le texte et un tableau colorié d'analyse spectrale. 7 fr.

Cette onzième édition française a subi de nombreuses additions et modifications qui n'altèrent en rien le plan de l'ouvrage et conservent intacte l'œuvre de Frésenius. Le traducteur a seulement voulu mettre ce livre, autant que possible, au niveau de la science actuelle. Parmi les réactions nouvellement proposées pour la caractérisation des différents corps, il a donc indiqué celles qui lui ont semblé les plus importantes. Cet ouvrage doit figurer dans la bibliothèque de tout chimiste et, en particulier, de tout photochimiste.

---



## TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LE TOME II DE LA REVUE DES SCIENCES PHOTOGRAPHIQUES

(AVRIL 1905 — MARS 1906)

## I. — ARTICLES ORIGINAUX

	N <sup>os</sup>	Mois	Pages
Théorie géométrique de la stéréophotographie (Fernandez QUINTANA) . . . . .	1	Avril	1
Sur l'action de quelques agents chimiques sur les surfaces sensibles (Karl SCHAUUM et Wilhelm BRAUN). . . . .	1	Avril	12
Sur l'altération des révélateurs au diamidophénol et leur conservation (A. et L. LUMIÈRE). . . . .	1	Avril	16
Réaction de l'acide chromique et des chromates sur les substances organiques au point de vue de leur utilisation photographique (d'EDER) . . . . .	1	Avril	20
— — — — —	2	Mai	46
— — — — —	5	Août	138
Le redressement des images déformées par l'amplificateur redresseur (J. CARPENTIER) . . . . .	1	Avril	26
Modifications apportées au spectrographe de Tallent (F. MONPILLARD) . . . . .	2	Mai	33
Méthode pour déterminer la longueur focale et les aberrations d'un objectif photographique (R.-S. CLAY) . . . . .	2	Mai	38
Appareil redresseur des images photographiques (J. OLIVE) . . . . .	3	Juin	65
Détermination photographique des courbes de giration des navires (A. LE MÉE) . . . . .	3	Juin	71
Modifications apportées à l'étalon FÉRY à l'acétylène (MONPILLARD) . . . . .	3	Juin	76
La photographie par l'étincelle électrique simple ou multiple (V. RUDINGER) . . . . .	3	Juin	
Sur l'inversion photographique (Dr A GUÉBHARD) . . . . .	4	Juillet	97
— — — — —	6	Septembre	161
Sur l'anti-oxydation des solutions de sulfite de soude et les anti-oxydants (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEVETZ) . . . . .	4	Juillet	115
Action de la lumière sur quelques composés chimiques (D. TOMMASI). . . . .	5	Août	129
Les cristaux d'acide pyrogallique (J.-L. PIGG). . . . .	5	Août	136
Pratique de la métrophotographie, accompagnée d'exemples et d'illustrations propres à en faire apprécier les avantages (colonel LAUSSEDAI) . . . . .	7	Octobre	193
— — — — —	8	Novembre	242
— — — — —	10	Janvier	313



	N <sup>os</sup>	Mois	Pages
Procédé et appareil permettant de transformer optiquement à l'aide de lentilles ou de miroirs sphériques, et de façon méthodique les images planes (Théodore SCHEIMPFLUG) .	7	Octobre	198
Etudes et recherches sur les écrans colorés (F. MONPILLARD) .	8	Novembre	225
Qui est l'inventeur de la guillotine photographique? (J. DEMARÇAY) . . . . .	8	Novembre	240
Le silhouettage et l'irradiation photographiques (D <sup>r</sup> GUÉBHARD) . . . . .	9	Décembre	258
Les limites théoriques et pratiques du pouvoir résolvant et le microscope de ZEISS, pour l'emploi de la lumière ultraviolette (A. VIANNA DE LIMA) . . . . .	9	Décembre	273
Les propriétés des sels de vanadium au point de vue photographique (George E. BROWN) . . . . .	9	Décembre	281
Ecrans colorés (A. CALLIER) . . . . .	10	Janvier	289
Sur la jonction photographique (D <sup>r</sup> A. GUÉBHARD) . . . . .	11	Février	321
Sur les actions chimiques de la lumière, réponse à l'article précédent (P. VILLARD) . . . . .	11	Février	332
Sur les phénomènes pseudo-photographiques (P. VILLARD) .	11	Février	338
Photographie stéréoscopique à courte distance des petits objets par rotation du modèle ou de l'appareil autour d'un axe vertical (A. LE MÉE) . . . . .	12	Mars	353
Sur la nature de l'image latente (D <sup>r</sup> J. M. EDER) . . . . .	12	Mars	359
Sur la composition de la gélatine imprégnée de bichromate de potassium, insolubilisée par la lumière (A. L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ) . . . . .	12	Mars	364

## II. — SOCIÉTÉS SAVANTES

A propos des actions chimiques de la lumière (D <sup>r</sup> GUÉBHARD et P. VILLARD) . . . . .	1	Avril	29
Sur le temps que la précipitation met à apparaître dans les solutions d'hyposulfite (G. GAILLARD) . . . . .	1	Avril	31
Sur une carte topographique d'une assez grande étendue levée en très peu de temps à l'aide de la photographie (colonel LAUSSEDAT) . . . . .	2	Mai	56
Accroissement de sensibilité de quelques mixtions bichromatées sous l'influence de diverses matières colorantes (L.-P. CLERC et H. CALMELS) . . . . .	2	Mai	54
Phosphorescence et photographie (F. P. LE ROUX) . . . . .	2	Mai	39
Sur l'intensité des impressions photographiques produites par de faibles éclaircissements (C. GUTTON) . . . . .	3	Juin	86
Sur la photographie de la couronne solaire au sommet du Mont Blanc (HANSKY et H. DESLANDRES) . . . . .	3	Juin	87
Recherches expérimentales pour la représentation de la fonction photographique (A. GUÉBHARD) . . . . .	3	Juin	93
Sur la cause du silhouettage photographique (D <sup>r</sup> A. GUÉBHARD)	4	Juillet	125

	N <sup>os</sup>	Mois	Pages
Influence de la diffusion des éléments du révélateur dans le développement photographique (R. COLSON) . . . . .	4	Juillet	126
Du rôle de la diffusion dans les bains photographiques (D <sup>r</sup> GUÉBHARD) . . . . .	5	Août	156
Sur le silhouettage photographique (P. VILLARD) . . . . .	5	Août	157
Piles galvaniques produites par l'action de la lumière (WILDERMANN) . . . . .	6	Septembre	192
Sur la cause de la période d'induction chimique dans la combinaison à la lumière, du chlore et de l'hydrogène (L. CHAPMANN et C. BURGEN) . . . . .	6	Septembre	192
Essai de représentation de la loi du développement photographique en fonction de sa durée (A. GUÉBHARD) . . . . .	8	Novembre	267
Sur l'identité de cause du silhouettage blanc et du silhouettage noir (A. GUÉBHARD) . . . . .	8	Novembre	269
Photographies en couleurs du spectre, négatives par transmission (J. LIPPMANN); (COTTON) . . . . .	9	Décembre	284
Action de la lumière sur le phosphore ordinaire dissous dans l'éther (D <sup>rs</sup> BORDIER et GALIMARD) . . . . .	10	Janvier	319
Sur l'irradiation tangentielle (D <sup>r</sup> A. GUÉBHARD) : . . . . .	11	Février	345
Recherches sur l'irradiation (D <sup>r</sup> A. GUÉBHARD) . . . . .	11	Février	347
Sur un stéréoscope dièdre à grand champ, à angle bissecteur (L. PIGEON) . . . . .	11	Février	349
Sur un sous-iodure de phosphore préparé par l'action de la lumière (R. BOULOUCII) . . . . .	11	Février	350
De l'importance du rôle de l'irradiation en spectrophotographie (D <sup>r</sup> GUÉBHARD) . . . . .	11	Février	351

### III. — REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Nouveau procédé pour la sensibilisation optique d'émulsions photographiques à l'acide de colorants (BAYER) . . . . .	1	Avril	32
Altération des épreuves photographiques virées aux ferrocyanures métalliques (LEMAIRE) . . . . .	2	Mai	61
Une curieuse action orthochromatisante (F. MONPILLARD) . . . . .	2	Mai	63
Sur l'action photographique spontanée des métaux en dehors de tout contact direct (W.-A. KAHLBAUM et MAR STEFFENS) . . . . .	5	Août	159
Les cristaux d'amidol hydroquinome et iconogène; la cristallisation sous le microscope (S. I. PIGG) . . . . .	6	Septembre	188
Mécanisme de l'action de diverses substances sur les plaques photographiques (W. MERCKENS) . . . . .	6	Septembre	191
Le développement au diamidophénol en solution alcaline (L. LÖBEL, E. VALENTA) . . . . .	8	Novembre	251
La photographie interférentielle des couleurs (E. ROTHÉ) . . . . .	9	Décembre	286
Emploi des cobaltamines pour l'affaiblissement des images photographiques (H.-T. SMITH) . . . . .	9	Décembre	287
Influence de la durée du développement sur le noircissement (OTSUKI) . . . . .	12	Mars	375

## PLANCHES HORS TEXTE

1. Action d'agents chimiques sur les plaques sensibles (SCHAUM) . . . . .	1	Avril	15
2. Spectrogrammes (F. MONPILLARD) . . . . .	2	Mai	33
3. Photographies obtenues avec l'étincelle électrique . . . . .	3	Juin	65
4. Inversion photographique (D <sup>r</sup> GUÉBHARD). . . . .	4	Juillet	97
5. Cristaux de pyrogallol (PIGG). . . . .	5	Août	136
6. Cristaux d'hydroquinome d'amidol (PIGG) . . . . .	6	Septembre	161
7. Cristaux d'hydroquinome (PIGG) . . . . .	6	Septembre	176
8. Métrophotographie (LAUSSEDA) . . . . .	7	Octobre	193
9. Métrophotographie (LAUSSEDA) . . . . .	7	Octobre	193
10. Plan de BUC (LAUSSEDA) . . . . .	8	Novembre	232
11. Environs de Faverges (LAUSSEDA) . . . . .	8	Novembre	233
12. Environs de Faverges (LAUSSEDA) . . . . .	8	Novembre	248
13. Vue de Rome et du camp de Châlons (LAUSSEDA) . . . . .	8	Novembre	249
14. Microphotographies obtenues par la lumière ultra-violet (KOEHLER) . . . . .	9	Décembre	272
15. Ecrans colorés (A. CALLIER) . . . . .	10	Janvier	288
16. Ecrans colorés (R. Van CAUWENBERGHE) . . . . .	10	Janvier	289
17. Ecrans au picrate (A. CALLIER) . . . . .	11	Février	296
18. Ecrans au picrate (R. Van CAUWENBERGHE) . . . . .	11	Février	297
19. Stéréophotographies (A. LE MÉE) . . . . .	12	Mars	356

*Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.*

