

Ladislav Zchoval

Contribution à la théorie de l'effet photographique d'intermittence

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 72 (1947), No. 3, 161--175

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121549>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1947

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Contribution à la théorie de l'effet photographique d'intermittence.

Ladislav Zachoval, Český Brod.

(Reçu le 10 juillet 1946).

L'auteur présente une théorie de l'effet d'intermittence fondée sur les idées physiques concernant la formation de l'image latente. La raison, qui nous autorise à négliger les processus chimiques dans ce cas est donnée. Une émulsion simplifiée, qui fait l'objet des considérations, est définie, de même les conditions de la validité de la théorie sont indiquées. L'auteur déduit les équations fondamentales de la théorie concernant l'augmentation du nombre des grains développables dans l'émulsion simplifiée. Les conséquences de la théorie sont mises en parallèle avec l'expérience. On indique les raisons qui permettent d'appliquer la théorie formée pour une émulsion très simplifiée aux émulsions réelles.

La quantité de lumière absorbée par la couche photographique sensible détermine — suivant la loi de réciprocité le noircissement de la couche. J désignant l'intensité de la lumière et t le temps de pose, c'est le produit Jt qui est décisif pour la densité résultante.

Mais l'application de la loi de réciprocité est soumise à des exceptions. L'un des cas où cette loi n'est pas en vigueur est le suivant:

Une partie de la couche sensible photographique est influencée par la quantité Jt de lumière pendant l'intervalle t sans intermittence. Une autre partie de la même couche sensible est influencée par la même quantité de lumière Jt , mais cette fois-ci l'exposition à la lumière se fait à plusieurs intervalles („les temps de pose partiels“) séparés les uns des autres par des intervalles, pendant lesquels aucune lumière n'est incidente („les intervalles obscurs“). En général le noircissement résultant n'est pas le même dans ces deux cas, bien que la quantité totale de lumière agissante soit la même dans le cas d'intermittence autant que dans celui de continuité. C'est ce qu'on appelle effet photographique d'intermittence.

Cet effet est d'une importance non seulement pratique, mais encore théorique. Par exemple pour la sensitométrie ainsi que pour la photométrie photographique c'est le disque tournant à secteurs évidés correspondant aux angles centraux différents, qui est la

façon la plus simple et très précise de régler la quantité de lumière. Mais une conséquence de l'application d'un disque tournant est souvent l'éclairement intermittent.

La différence entre la densité provoquée par l'éclairement continu et celle provoquée par l'éclairement intermittent, correspondant dans les deux cas à la même quantité de lumière Jt , est si petite, qu'il est presque impossible de supposer une différence quelconque entre les processus chimiques pendant le développement. Ainsi l'effet d'intermittence est peut-être un des cas où l'on peut observer les processus de la formation de l'image latente directement, sans complications dues aux processus chimiques de développement.

I. Il y a beaucoup d'auteurs qui ont traité l'effet d'intermittence (1). Mais il est impossible de mettre en parallèle et de généraliser la plupart des résultats obtenus. Les travaux de R. Davis (2) et A. Kochs (3) sont les premiers qui ont montré la complication de l'effet d'intermittence et les facteurs qui l'influencent d'une manière un peu plus générale. Toutes les recherches faites jusqu'ici montrent que les facteurs déterminant l'effet d'intermittence sont:

1. la longueur d'onde de la lumière;
2. le nombre des intermittences;
3. l'intervalle de la courbe de noircissement dans lequel est situé le noircissement en question;
4. l'intensité de la lumière;
5. le rapport entre l'intervalle du temps, pendant lequel la lumière influence la courbe sensible et l'intervalle de l'obscurité;
6. la sorte d'émulsion photographique.

Les recherches de R. Davis ont montré que l'éclairement intermittent provoque dans certains cas un noircissement plus grand que l'éclairement continu, correspondant à la même quantité de lumière. Les recherches de A. Kochs ont vérifié les résultats obtenus par R. Davis et ont montré l'influence de la qualité de l'émulsion sensible. Dans les dispositifs employés par R. Davis ainsi que par A. Kochs pour obtenir les courbes caractéristiques on variait les temps de pose par un disque tournant, à secteurs évidés, dont on pouvait régler la vitesse.

Les recherches de A. Kochs et R. Davis ont montré que le caractère général de l'effet d'intermittence peut être décrit de la manière suivante: soit D la différence entre la densité à l'éclairement intermittent et celle à l'éclairement continu. Pour des faibles intensités lumineuses et des temps de pose courts D est négatif. Les intensités restant toujours faibles et les temps de pose s'allongeant, la valeur absolue de D croît jusqu'au maximum, puis décroît à zéro. Si les temps de pose continuent à s'allonger, D devient

positif, croît jusqu'à un maximum et puis diminue à zéro. Il y a des émulsions pour lesquelles on n'a observé qu'une seule valeur du temps de pose, qui rend D égal à zéro. Pour un petit temps de pose constant et une intensité lumineuse croissante, la valeur absolue de D diminue, puis D devient positif et croît avec l'intensité croissante. Le caractère général ici tracé semble être le même pour une émulsion acide que pour une émulsion à l'ammoniac (Fig. 1, 2, 3).

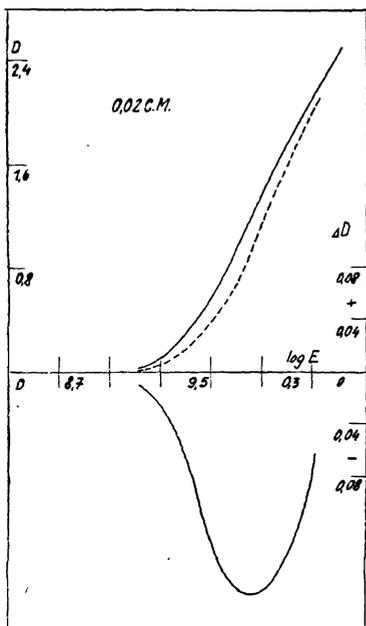


Fig. 1. L'effet d'intermittence pour l'éclairage 0,02 C. — M. Les ΔD sont les valeurs moyennes pour $p = 8, p = 16, p = 32$. (R. Davis).

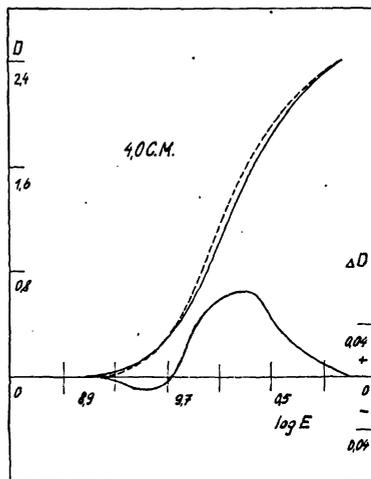


Fig. 2. L'effet d'intermittence pour l'éclairage 4 C. — M. Les fig. 1 et 2 se rapportent à la même couche sensible. Les ΔD sont les valeurs moyennes pour $p = 8, p = 16, p = 32$. (R. Davis).

Étant donné le caractère assez compliqué de la valeur D , qui permet de décrire l'effet d'intermittence, il faut attendre des mesures plus récentes et renoncer pour le moment à l'analyse et à la critique définitive des recherches si intéressantes et profondes de M. J. H. Webb (4) et M. M. J. H. Webb et L. Silberstein (5). Ces recherches concernent un cas spécial, où la densité a été égale à 1. On ne peut en conséquence généraliser les résultats obtenus.

II. Avant les recherches de M. Davis et de M. Kochs les faits connus étaient pour la plupart contradictoires et si confus, que la formation d'une théorie de l'effet d'intermittence était très diffi-

cile. Les processus chimiques formaient la base d'un essai dont M. M. J. M. Blair et M. C. Hylan sont les auteurs (6).

A ma connaissance personne n'a essayé jusqu'à présent d'interpréter les variations de la valeur D décrites par M. M. Davis et Koehs en prenant pour point de départ les processus physiques qui sont la base des idées actuelles sur l'image latente.

Le but de ce travail est de chercher à s'assurer si les idées physiques assez simples concernant la formation de l'image latente sont

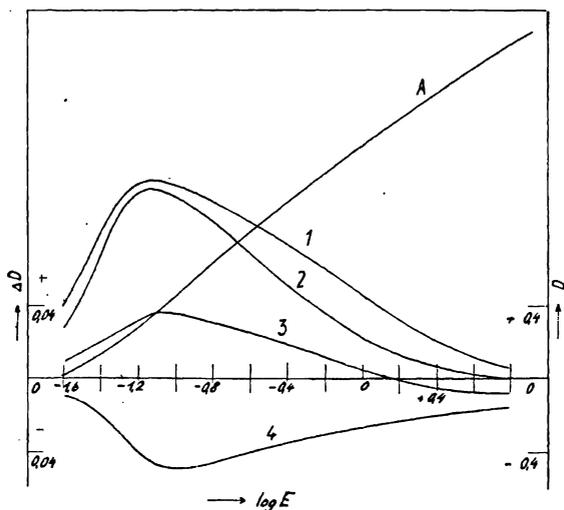


Fig. 3. L'effet d'intermittence de la même couche sensible pour les éclairages différents et pour $p = 16$: A. la courbe caractéristique pour l'éclairage non intermittent, correspondant à la courbe 1.

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. $p = 16$, l'éclairage 4 C. — M. | 3. $p = 16$, l'éclairage 0,1 C. — M. |
| 2. $p = 16$, l'éclairage 1 C. — M. | 4. $p = 16$, l'éclairage 0,02 C. — M. |
- (R. Davis).

une base suffisante pour une théorie de l'effet d'intermittence décrit par les variations de D . Les considérations ne s'attachent qu'à un modèle simplifié de la couche sensible et à une partie de la courbe caractéristique. Les idées suivantes sur la formation de l'image latente ont été appliquées:

1. Un germe de développement unique suffit pour rendre tout le grain AgBr développable (7);
2. un germe de développement est formé par un groupe d'atomes ou ions qui ne font pas une partie régulière du réseau cristallin d'un grain AgBr (8, 8a);

3. on peut s'imaginer la formation d'un tel groupe de la manière suivante: pendant la production d'une émulsion des perturbations locales prennent naissance dans les grains. Dans quelques cas ces perturbations sont déjà des groupes d'atomes qui ne font pas partie du réseau. Un tel groupe est incapable de catalyser le développement, s'il est petit. Ce n'est qu'un groupe convenablement volumineux, qui devient un germe de développement, c'est à dire un endroit où le développement commence. Si le groupe est devenu assez gros déjà pendant la production, il est la cause du voile de la couche sensible. Un groupe encore petit peut devenir assez gros pendant le temps de pose, quand les électrons enlevés par la lumière se raccrochent aux perturbations locales du réseau AgBr. Quelquefois un électron unique suffit pour engendrer le germe d'un groupe d'atomes. Mais dans la plupart des cas, pour agrandir convenablement le groupe non seulement plusieurs électrons sont nécessaires mais aussi des ions positifs qui sont à chaque température libres dans les réseaux (9).

4. L'émulsion simplifiée, qui forme la couche sensible dans nos considérations, a les propriétés caractéristiques suivantes:

a) tous les grains de cette émulsion sont identiques non seulement en ce qui concerne l'étendue, mais aussi en ce qui concerne la structure intérieure initiale;

b) les grains sont situés dans un plan;

c) si un groupe d'atomes dans le grain devient le germe de développement, le grain devient développable et le nombre des grains développables augmente d'une unité.

Il faut encore limiter nos considérations

5. aux intervalles obscurs assez longs, pour que le réseau cristallin soit à l'état stationnaire au commencement de chaque temps de pose partiel;

6. aux densités qui sont proportionnelles au nombre des grains développés (10).

L'émulsion ainsi simplifiée ne forme jamais une couche sensible réelle. Mais on peut s'imaginer que chaque couche sensible réelle est formée par la superposition d'un grand nombre d'émulsions simplifiées de la manière décrite.

Désignons maintenant quelques nombres relatifs à l'unité de surface de la couche sensible: soit N le nombre des groupes d'atomes capables de devenir germes de développement par l'action de la lumière; soit z le nombre des grains AgBr; soit n le nombre des électrons enlevés pendant 1 sec par l'action de la lumière éclairant la couche sensible. Enfin soit x le nombre des grains devenus développables par l'action de la lumière et j le nombre d'ions positifs, libres dans le réseau.

III. La question principale pour nos considérations est la suivante: de quelle manière augmente le nombre des grains développables dans l'émulsion simplifiée sous les conditions énoncées? Nous essayerons de répondre seulement pour deux cas les plus simples:

a) Il suffit d'un seul électron pour faire du groupe d'atomes le germe du développement. Il s'agit alors des grains les plus sensibles, qui sont actifs même par l'éclairement le plus faible.

b) Il suffit d'un électron avec un ion positif pour faire du groupe d'atomes le germe du développement. La probabilité de la collision électron — ion — groupe est moindre que la probabilité de la collision électron-groupe. Il s'agit alors des grains dont la sensibilité est un peu moindre que celle du cas a).

a) L'augmentation du nombre des grains développables dx pendant le temps dt consiste en deux composantes:

$$\frac{dx}{dt} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_1 + \left(\frac{dx}{dt}\right)_2. \quad (1)$$

$\left(\frac{dx}{dt}\right)_1$ est due aux grains développables, formés pendant dt par les électrons enlevés dans le même temps dt . Le nombre de ces grains est proportionnel au nombre des électrons enlevés dans l'unité de temps et à l'excédent des groupes qui peuvent devenir développables en dehors des groupes qui sont dans les grains déjà faits développables et qui ne peuvent plus contribuer à la formation d'autres grains développables. On a

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_1 = bn \left(N - x \frac{N}{z}\right) = bn \frac{N}{z} (z - x). \quad (2)$$

$\left(\frac{dx}{dt}\right)_2$ est due aux grains développables formés pendant dt par les électrons libres au moment t dans le réseau cristallin. Jusqu'au moment t nt électrons sont enlevés. Une partie αnt de ces électrons est déjà située dans des positions fixes. La valeur α , nous la prenons approximativement comme indépendante du temps et de l' $\alpha < 1$. Au moment considéré t il y a $nt(1 - \alpha)$ électrons libres dans le réseau. L'augmentation est dans ce cas proportionnelle au nombre des électrons libres et au nombre $\frac{N}{z}(z - x)$ des positions convenables. On a

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_2 = a(1 - \alpha)nt \frac{N}{z}(z - x) = Ant(z - x) \frac{N}{z}. \quad (3)$$

Alors

$$\frac{dx}{dt} = (At + b) \frac{Nn}{z} (z - x) \quad (4)$$

et

$$x = N \left[1 - e^{-\frac{Nn}{z} \cdot t(b + \frac{1}{2}At)} \right] \quad (5)$$

supposant $x = 0$ pour $t = 0$.

Il est très probable que les facteurs b et A sont fonctions du nombre et du mouvement des ions positifs qui influencent les mouvements des électrons enlevés et limitent l'influence des électrons qui ont été déjà enlevés mais n'ont pas trouvé jusqu'ici les positions définitives dans les groupes d'atomes. C'est la dépendance de la courbe caractéristique de la température qui montre l'influence des ions positifs (11).

En ce qui concerne les valeurs des facteurs b et A , on peut dire qu'à chaque électron enlevé correspond tout au plus un grain développable AgBr, au moins dans la partie de la courbe caractéristique qui fait l'objet de nos considérations. Alors,

$$\frac{1}{n} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{N}{z} (At + b) (z - x) \leq 1, \quad (6)$$

$$0 < b \leq \frac{1}{N},$$

$$b + At \leq \frac{z}{N(z - x)}, \quad (7)$$

$$\frac{x}{Nt(z - x)} \leq A < \frac{z}{Nt(z - x)}. \quad (8)$$

Le nombre des grains développables formés par l'action de la lumière soit $[x]_{t_0} + [r]_{t_0}$, si le temps de pose est t_0 . Le terme $[x]_{t_0}$ exprime le nombre des grains formés pendant le temps de pose. Le terme $[r]_{t_0}$ exprime le nombre des grains formés après le temps de pose par un processus qui est une analogie à la réaction bimoléculaire. Le noircissement est proportionnel au nombre $[x]_{t_0} + [x]_{t_0}$, suivant les hypothèses.

L'augmentation du nombre des grains développables après le temps de pose est donnée par la relation:

$$\frac{dx}{dt} = an \frac{N}{z} (t_0 - xt) (z - x), \quad t > t_0. \quad (9)$$

Soit $t_0 + \tau$ le moment où il n'y a pas d'électrons enlevés par la

lumière et encore libres dans le réseau cristallin. Alors

$$[r]_{t_0} = [x]_{t_0} \cdot e^{-\frac{anN}{z} \cdot t_0^2 \frac{(1-\alpha)^2}{2\alpha}} + z \left[1 - e^{-\frac{anN}{z} \cdot t_0^2 \frac{(1-\alpha)^2}{2\alpha}} \right]. \quad (10)$$

Maintenant soit T le temps de pose pour l'éclairément non intermittent. A cet éclairément correspondent les p temps de pose de la durée $\frac{T}{p}$ pour l'éclairément intermittent. La différence entre le noircissement à l'éclairément intermittent et le noircissement à l'éclairément continu D est proportionnelle à la différence du nombre des grains développables pour ces deux cas, c'est à dire à la différence

$$\overline{\Delta D} = \{p [x]_{\frac{T}{p}} + p [r]_{\frac{T}{p}}\} - \{[x]_T + [r]_T\} \quad (11)$$

et puisque nous supposons les intervalles obscurs assez longs plus grands que τ , on a

$$\begin{aligned} \overline{\Delta D} = p [x]_{\frac{T}{p}} \left\{ 1 + e^{-\frac{anN}{z} \left(\frac{T}{p}\right)^2 \frac{(1-\alpha)^2}{2\alpha}} \right\} + pz \left\{ 1 - e^{-\frac{anN}{z} \left(\frac{T}{p}\right)^2 \frac{(1-\alpha)^2}{2\alpha}} \right\} - \\ - [x]_T \left\{ 1 + e^{-\frac{anN}{z} T^2 \frac{(1-\alpha)^2}{2\alpha}} \right\} + z \left\{ 1 - e^{-\frac{anN}{z} T^2 \frac{(1-\alpha)^2}{2\alpha}} \right\}. \end{aligned} \quad (12)$$

Étant donnée la valeur probable du facteur A , il est facile de montrer que

$$e^{-\frac{anN}{z} T^2 \frac{(1-\alpha)^2}{2\alpha}} \doteq 1. \quad (13)$$

En conséquence

$$\overline{\Delta D} = 2 \{p [x]_{\frac{T}{p}} - [x]_T\}. \quad (14)$$

En supposant les intensités lumineuses faibles et par suite les n faibles et des temps de pose courts, on peut négliger les termes avec t^4 et plus petits: On a

$$x = Nnt \left\{ b + \frac{1}{2}t \left(A - \frac{Nn}{z} b^2 \right) - \frac{1}{2} \frac{Nn}{z} bt^2 \left(A - \frac{1}{3} \frac{Nn}{z} b^2 \right) \right\} \quad (15)$$

et pour la valeur $\overline{\Delta D}$

$$\begin{aligned} \overline{\Delta D} = 2NnT^2 \left(\frac{1}{p} - 1 \right) \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \frac{Nnb^2}{z} \right) - \frac{1}{2} \frac{Nn}{z} bT \left(1 + \frac{1}{p} \right) \cdot \right. \\ \left. \cdot \left(A - \frac{1}{3} \frac{Nn}{z} b^2 \right) \right\}. \end{aligned} \quad (16)$$

Les expériences faites par M. M. Davis et Kochs montrent que $\overline{\Delta D} < 0$ pour les petits T et faibles n dans la plupart des cas. Alors on peut supposer $A - \frac{Nn}{z} b^2 > 0$.

On a $\overline{\Delta D} = 0$ pour $T_{1,2} = 0$ et pour

$$T_3 = \frac{3}{1 + \frac{1}{p}} \cdot \frac{z}{Nnb} \cdot \frac{1}{1 + \frac{2A}{A - \frac{Nn}{z} b^2}} \quad (17)$$

En conséquence $\overline{\Delta D} < 0$ pour $0 < T < T_3$,
 $\overline{\Delta D} > 0$ pour $T > T_3$.

La valeur de T_3 diminue avec n croissant. Les variations de p provoquent les variations de T_3 d'étendue assez limitée.

Les valeurs de $T : T_{m_1} = 0$ et $T_{m_2} = \frac{2}{3} \cdot T_3$ satisfont à l'équation $\frac{\partial}{\partial t} \overline{\Delta D} = 0$ et indiquent les valeurs de T_1 pour lesquelles $\overline{\Delta D}$ a la valeur maximum, qui est

$$\Delta D_m = 4 \frac{p(1-p)}{(1+p)^2} \cdot \frac{z^2}{Nnb^2} \left(A - \frac{Nnb^2}{3z} \right) \frac{1}{\left(1 + \frac{2A}{A - \frac{Nn}{z} b^2} \right)^3} \quad (18)$$

ΔD_m est une fonction assez compliquée de n .

Les conséquences de la théorie indiquées jusqu'ici sont d'accord avec les expériences (Fig. 1, 2, 4, 5).

Soit maintenant T invariable et pas trop grand. Si n varie on a $\overline{\Delta D} = 0$ pour $n_1 = 0$ et pour

$$n_{2,3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{z}{N}$$

$$\frac{b + AT \left(1 + \frac{1}{p} \right) \pm \sqrt{b^2 + A^2 T^2 \left(1 + \frac{1}{p} \right)^2 + \frac{2}{3} T A b \left(1 + \frac{1}{p} \right)}}{T b^2 \left(1 + \frac{1}{p} \right)}; \quad n_2 < n_3. \quad (19)$$

On a

$$\begin{aligned} \overline{\Delta D} &< 0 \text{ pour } 0 < n < n_2, \\ \overline{\Delta D} &> 0 \text{ pour } n_2 < n < n_3, \\ \overline{\Delta D} &< 0 \text{ pour } n > n_3, \end{aligned}$$

en accord avec les recherches de M. Davis et conformément aux expériences faites par M. T. Luft et M. C. E. Weinland (12, 13).

Les valeurs n_2 et n_3 sont proportionnelles au nombre des grains z . La valeur d'intensité lumineuse et en conséquence n pour laquelle $\Delta D = 0$, diminue, si z est décroissant. Ainsi on peut expli-

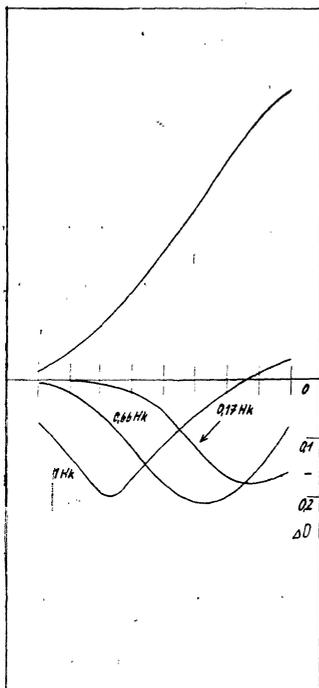


Fig. 4. L'effet d'intermittence pour différents éclairages; l'émulsion Perutz, à l'ammoniac (A. Kochs).

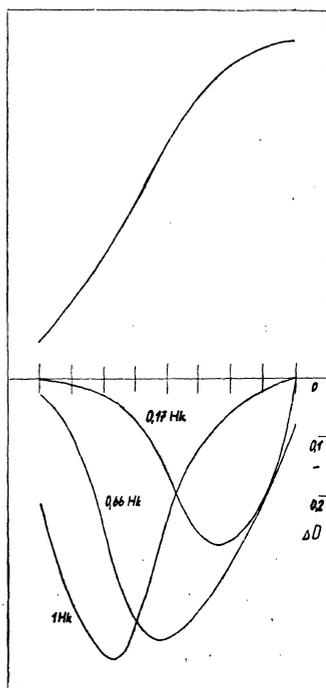


Fig. 5. L'effet d'intermittence pour différents éclairages, l'émulsion Perutz, acide (A. Kochs).

quer — à notre avis — l'expérience suivante, faite par M. Kochs. Il a baigné les couches sensibles dans des bains de différentes concentrations de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Puis les couches ont été exposées à la lumière. La différence ΔD variait avec la concentration de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ de la façon suivante: pour des concentrations faibles elle était négative, pour des concentrations plus grandes elle était positive et croissante avec une concentration croissante (Fig. 6). Les bains de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dissolvaient les grains avec une vitesse proportionnelle à la concentration de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ et par ce processus le nombre z des

grains diminuait. En conséquence l'intensité lumineuse pour laquelle la différence ΔD devient positive diminuait aussi.

La considération suivante concerne le cas où on ne peut négliger que les termes avec t^5 et plus petits. Dans ce cas

$$x = Nnt \left\{ b + \frac{1}{3}t \left(A - \frac{Nn}{z} b^2 \right) - \frac{1}{2} \frac{Nn}{z} b t^2 \left(A - \frac{1}{3} b^2 \frac{Nn}{z} \right) - \frac{1}{4} \frac{Nn}{z} \cdot t^3 \left(\frac{1}{2} A^2 - \frac{Nn}{z} A b^2 + \frac{1}{6} \frac{N^2 n^2}{z^2} b^4 \right) \right\} \quad (20)$$

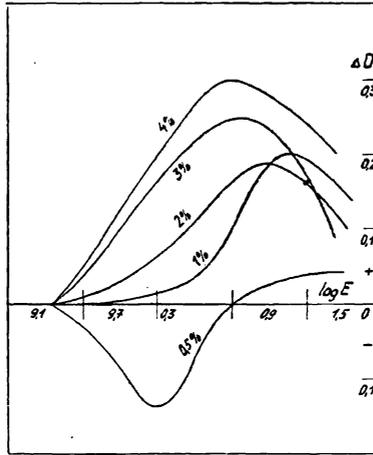


Fig. 6. L'influence du bain préalable de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Les concentrations 0,5—4%. La durée du bain: 3 min (A. Kochs).

et par conséquent

$$\begin{aligned} \overline{\Delta D} = 2NnT^2 \left(\frac{1}{p} - 1 \right) & \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \frac{Nn}{z} b^2 \right) - \frac{1}{2} \frac{Nn}{z} \cdot b \cdot T \left(1 + \frac{1}{p} \right) \cdot \right. \\ & \left. \left(A - \frac{1}{3} \frac{Nn}{z} b^2 \right) - \frac{1}{4} \frac{Nn}{z} T^2 \left(1 + \frac{1}{p} + \frac{1}{p^2} \right) \cdot \right. \\ & \left. \left(\frac{1}{2} A^2 - \frac{Nn}{z} b^2 A + \frac{1}{6} \frac{N^2 n^2}{z^2} \cdot b^4 \right) \right\}. \quad (21) \end{aligned}$$

L'équation $\overline{\Delta D} = 0$ peut être satisfaite soit par deux racines réelles différentes, ou par deux racines réelles identiques, ou encore par deux racines complexes, et ce sont les valeurs de b et A qui sont décisives. Ces valeurs déterminent aussi les qualités de l'émulsion. Dans la partie de la courbe caractéristique en considération on n'a

observé aucune ou bien une ou deux valeurs du temps de pose — pour différentes émulsions — pour lesquelles $\Delta D = 0$. Alors il n'y a pas de désaccords entre l'expérience et la théorie.

b) L'augmentation du nombre des grains développables dans le cas b) est formée de la même façon que dans le cas a). De plus $\frac{dx}{dt}$ est probablement proportionnel au nombre j des ions positifs libres dans le réseau ainsi qu'à la différence entre le nombre total N des groupes d'atomes convenables et le nombre des ions qui ont été capables d'atteindre les groupes convenables d'atomes pendant le t . Soit i le nombre de ces ions pour 1 sec. Les ions ont une vitesse moindre que les électrons. En conséquence:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{BjnN}{z} (z - x) (N - i \cdot t) (At + b), \quad (22)$$

B étant une constante. Pour la première approximation on a

$$x = BjN^2nt \left\{ b + \frac{1}{2}t \left(A - \frac{BjnN^2}{z} \cdot b^2 - \frac{ib}{N} \right) - \frac{1}{2} \frac{BjN^2n}{z} \cdot t^2 \cdot \left(Ab - \frac{1}{3} \frac{BjN^2nb^3}{z} + \frac{2}{3} \frac{iA}{N} \cdot \frac{z}{BjnN^2} \right) \right\} \quad (23)$$

et

$$\overline{\Delta D} = 2 Bjn N^2 T^2 \left(\frac{1}{p} - 1 \right) \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \frac{BjnN^2}{z} b^2 - \frac{ib}{N} \right) - \frac{1}{2} \frac{BjnN^2}{z} T \left(1 + \frac{1}{p} \right) \left(Ab - \frac{1}{3} \frac{BjnN^2b^3}{z} + \frac{2}{3} \frac{iA}{N} \frac{z}{BjnN^2} \right) \right\} \quad (24)$$

L'équation $\overline{\Delta D} = 0$ est satisfaite par $T_{1,2} = 0$ et

$$T_3 = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{p} \right)} \cdot \frac{z}{BjnN^2} \cdot \frac{A - \frac{BjN^2n}{z} b^2 - \frac{ib}{N}}{Ab - \frac{1}{3} \frac{BjnN^2b^3}{z} + \frac{2}{3} \cdot \frac{iA}{N} \cdot \frac{z}{BjnN^2}} \quad (25)$$

Pour $i = 0$ le cas b) devient à peu près le cas a); alors le produit Bj a une valeur probablement très proche de N^{-1} . La valeur de T_3 dans le cas b) diffère de la valeur T_3 du cas a) seulement par les termes d'ordre N^{-2} . Cela rend compréhensible l'accord de la théorie formée pour une émulsion extrêmement simplifiée avec l'expérience.

La théorie de l'effet d'intermittence fondée sur les idées très simples relatives à la formation de l'image latente et les processus physiques qui l'accompagnent, est capable d'expliquer le caractère général de l'effet d'intermittence en fonction de l'intensité de la

lumière ainsi que du temps de pose. L'influence du bain préalable de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ semble aussi être expliquée par cette théorie.

La théorie indiquée est incapable de décrire ou d'expliquer les effets dans lesquels les processus chimiques ne sont pas négligeables.

Bibliographie.

1. Hay-Rohr: Handbuch der wiss. u. angew. Photographie, Bd. V, p. 307; K. V. Čibissov: Teorija fotografičeskich processov t. I, p. 173; Fortschritte der Photographie Bd. II, p. 246.
2. R. Davis: Sci. Pap. Bur. Standards No. 528 (1926).
3. A. Kochs: ZS f. wiss. Photographie, 36 (1937), 97.
4. J. H. Webb: J. opt. Soc. Am. 23 (1933), 157, 316.
5. L. Silberstein — J. H. Webb: Phil. Mag. 18 (1934), 1.
6. J. M. Blair — M. C. Hylan: J. opt. Soc. Am. 23 (1933), 353.
7. Hay-Rohr: Handb. wiss. Phot. Bd. V., 230.
8. Hay-Rohr: Handb. wiss. Phot. Bd. V., 149, 260.
- 8a. H. Arens — F. Luft: Veröff. Agfa IV (1935), 1.
9. R. W. Gurney — N. F. Mott: Proc. Roy. Soc. 164 (1938), 151.
10. Hay-Rohr: Handb. wiss. Phot. Bd. V., 152.
11. J. H. Webb — Ch. Evans: J. opt. Soc. Am. 28 (1938), 249.
12. F. Luft: Veröff. Agfa IV (1935), 222.
13. C. E. Weinland: J. opt. Soc. Am. 16 (1928), 245.

*

Příspěvek k teorii fotografického intermitenčního zjevu.

(Obsah předešlého článku).

Podle recipročního zákona rozhoduje o výsledném zčernání fotografické citlivé vrstvy za jinak stejných podmínek množství absorbované světelné energie.

Jednou z výjimek tohoto zákona je tak zvaný intermitenční zjev, jehož podstata je taková: světlo intenzity I dopadající na vrstvu po dobu t způsobí obecně jiné zčernání než světlo téže intenzity I , kterým byla vrstva osvětlena p -krát po dobu t/p . V obou případech je množství světelné energie, která na desku působila, stejné, totiž $I \cdot t$. Zjev má praktický význam pro sensitoometrii i fotografickou fotometrii a theoretický význam, protože chemické procesy při vyšetřování zjevu lze zanedbat.

I. Po starších autorech (1) přispěli k poznání efektu hlavně R. Davis (2) a A. Kochs (3). Oba zavedli pro charakteristiku děje rozdíl $\Delta D =$ zčernání při osvětlení intermitenčním — zčernání při osvětlení neintermitenčním. Celkový průběh veličiny ΔD je patrný z obr. 1 a 2.

II. Pokus o teorii na základě chemickém obsahuje pojednání (6). Není známo, že by byl učiněn pokus vyložit efekt na podkladě fyzikálním. O to se pokouší tato práce.

Vychází z faktů, že stačí jediný zárodek vývoje, aby se zrno AgBr stalo vyvolatelným (7); že zárodek vývoje je tvořen skupinou atomů nebo iontů, které nepatří k pravidelné mřížce AgBr (8, 8a) a že takový zárodek vývoje vzniká na poruchových místech mřížky doplněných na vhodnou velikost elektrony světlem uvolněnými, po př. pozitivními ionty, které jsou v mřížce volné (9). Omezuje se na zjednodušený model emulze, v níž všechna zrna jsou identická a leží v jedné rovině. Zrna mají tu vlastnost, že vznikem jediného zárodku vývoje se celé zrno stává vyvolatelným. A dále se theorie omezuje na hustoty, při nichž je zčernání úměrně počtu vyvolatelných zrn (10), a na případy, že období mezi dvěma částečnými exposicemi (období tmy) jsou dosti dlouhá, aby mřížka byla ve stacionárním stavu na počátku každé expozice.

Zavádí se označení pro hodnoty vztahované na plošnou jednotku vrstvy: N je počet atomových skupin, ze kterých se mohou stát zárodky vývoje, z je počet zrn AgBr; x je počet vyvolatelných zrn; n je počet elektronů uvolňovaných světlem za 1 sec; j je počet volných kladných iontů.

III. Jsou vyšetřovány dva případy:

a) stačí jediný elektron, aby ze skupiny atomů vznikl zárodek vývoje,

b) stačí jeden elektron a jeden pozitivní iont, aby takový zárodek vznikl.

a) Rovnice (4) udává přírůstek vyvolatelných zrn a je odvozena za předpokladu, že vyvolatelná zrna vznikají v době dt jednak z elektronů v té době uvolňovaných, jednak z elektronů, které od dřívějšíka byly v mřížce volné. Výraz pro počet vyvolatelných zrn v době t je dán rovnicí (5). Faktory b a A závisí patrně na počtu a pohyblivosti kladných iontů v mřížce (11). Jejich velikost je odhadnuta ve výrazech (6, 7, 8) a to za předpokladu, že přírůstek vyvolatelných zrn je menší nebo nanejvýš roven počtu uvolněných elektronů. Rozdíl zčernání $\overline{\Delta D}$ bude úměrný výrazu (11), který nabývá za daných předpokladů hodnoty (16) zanedbáme-li členy s T^4 a menší. Tento výraz se anuluje pro expoziční dobu (17).

$\overline{\Delta D}$ nabývá maximální hodnoty (18) pro exp. dobu $T_{m_2} = \frac{2}{3}T_2$. Je-li exp. doba T konstantní a mění-li se světelná intenzita, anuluje se $\overline{\Delta D}$ pro n dané rovnicí (19). Tyto důsledky theorie souhlasí s experimentem (obr. 3, 4, 5 a (12, (13)). Z výrazu pro $n_{2,3}$ (t. j. ze závislosti na z) lze vyložit vliv předběžné lázně $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (obr. 6). Výraz (21) udává hodnotu rozdílu ΔD pro další přiblížení. Důsledky plynoucí z theorie v tomto případě nejsou v rozporu s experimentem.

b) Rovnice (22) udává přírůstek vyvolatelných zrn v tomto případě. Od případu a) se liší faktory j a ($N - it$). Význam prvního

faktoru je zřejmý. Druhý faktor udává počet vhodných míst, na nichž se mohou uchytit fotochemicky účinné kladné ionty. i je počet kladných iontů, které mohou za 1 sec dospět na některé z míst N . Rozdíl ΔD (24) se v tomto případě anuluje pro expoziční dobu (25), lišící se od doby nalezené v případě a) jen o veličiny řádově N^{-2} .

IV. Theorie stačí na výklad celkového průběhu intermitenčního zjevu v závislosti na intenzitě světla a expoziční době. Nestačí však na výklad dějů, při nichž nelze zanedbávat chemické děje.